



# PENGEMBANGAN MODUL PEMBANGKITAN EMISI POLUTAN DALAM APLIKASI WEB TRAJECTORY *PATTERN MINING*

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

**RISTIYANA SARI**



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2018**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Pembangkitan Modul Emisi Polutan dalam Aplikasi Web *Trajectory Pattern Mining* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

© Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2018

*Ristiyana Sarii*  
NIM G64140102



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## ABSTRAK

RISTIYANA SARI. Pengembangan Modul Pembangkitan Emisi Polutan dalam Aplikasi Web *Trajectory Pattern Mining*. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG.

Kebakaran lahan gambut mengakibatkan luas lahan gambut semakin terdegradasi setiap tahunnya dan mengakibatkan bencana kabut asap. Salah satu solusi untuk mengatasi bencana kabut asap adalah mengetahui arah pergerakan kabut asap (*trajectory*). Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi berbasis web untuk pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan *Global Fire Assimilation System* (GFAS) pada aplikasi yang telah dibangun oleh peneliti sebelumnya. Data yang digunakan adalah data sekuens titik panas, data meteorologi pada provinsi Riau, dan data emisi polutan GFAS berupa fluks emisi polutan atau jumlah emisi polutan per satuan detik. Aplikasi dibangun menggunakan *framework* Shiny dengan menggunakan bahasa pemrograman R. Modul telah dikembangkan dengan menerapkan metode pengembangan *Adaptive Software Development* (ASD). Hasil pengujian *black box* menunjukkan bahwa semua fitur berhasil diimplementasikan pada aplikasi web *trajectory pattern mining*, sedangkan hasil pengujian *usability* menunjukkan tingkat efektivitas 99.43% dan tingkat kepuasan sistem secara keseluruhan 84.13%.

Kata kunci: emisi, hysplit, openair, polutan, *trajectory*

## ABSTRACT

RISTIYANA SARI. Development of a Pollutant Emission Generation Module on Trajectory Pattern Mining Web Application. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG.

Peatland fires has caused peatland area to degrade annually and caused haze disaster. One of the solutions to resolve haze disaster is by studying the direction of haze movement (*trajectory*). This research aims to develop web-based applications for pollutant emission generation. We also visualize Global Fire Assimilation System (GFAS) pollutant emission data on applications that have been built by previous researchers. The data that are used are hotspot sequence data, meteorological data in Riau Province, and GFAS pollutant emission data in the form of pollutant emission flux or amount of pollutant emission per second unit. The application was built by using Shiny framework with R programming language. The module is developed by using Adaptive Software Development (ASD). Black box testing results show that all features are successfully implemented in trajectory pattern mining web application, while usability testing results shows that the system have effectivity of 99.43% and overall satisfaction of 84.13%.

Keywords: emission, hysplit, openair, pollutant, *trajectory*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



# **PENGEMBANGAN MODUL PEMBANGKITAN EMISI POLUTAN DALAM APLIKASI WEB TRAJECTORY PATTERN MINING**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

**RISTIYANA SARI**  
  
Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Komputer  
pada  
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2018**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Penguji:

- 1 Dr Medria Kusuma Dewi Hardhienata, SKomp
- 2 Husnul Khotimah, SKomp MKom

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Skripsi: Pengembangan Modul Pembangkitan Emisi Polutan dalam Aplikasi  
Web *Trajectory Pattern Mining*

: Ristiyana Sari  
: G64140102

Dilatih penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas  
sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Teman yang  
dilakukan sejak bulan Desember 2017 ini telah  
Modul Pembangkitan Emisi Polutan dalam Aplikasi Web  
*Trajectory Pattern Mining*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)**

Disetujui oleh

Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom  
Pembimbing

Diketahui oleh



Prof Dr Ir Agus Buono, MSi MKom  
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

JUL 2018

Bogor, Juli 2018

Ristiyana Sari

**Bogor Agricultural University**



Judul Skripsi: Pengembangan Modul Pembangkitan Emisi Polutan dalam Aplikasi  
*Web Trajectory Pattern Mining*  
Nama : Ristiyana Sari  
NIM : G64140102



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Disetujui oleh

Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom  
Pembimbing

Diketahui oleh

Prof Dr Ir Agus Buono, MSi MKom  
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural U



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2017 ini ialah Pengembangan Modul Pembangkitan Emisi Polutan dalam Aplikasi Web *Trajectory Pattern Mining*.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Ilmu Komputer Institut Pertanian Bogor. Selama penulisan skripsi ini penulis banyak menemukan hambatan dan kendala, sehingga tugas akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

- 1 Ayah, Ibu, dan keluarga yang selalu mendoakan, memberi nasihat dan dukungan sehingga penelitian ini bisa diselesaikan.
- 2 Ibu Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom selaku pembimbing yang telah ikhlas, sabar, tekun, dan banyak memberikan ide, saran, maupun bantuannya sampai selesaiinya karya ilmiah ini.
- 3 Seluruh dosen, staf tata usaha, dan staf pegawai Departemen Ilmu Komputer IPB yang telah membantu penulis selama menjalani masa studi.
- 4 Prayoga Bagus Herlambang yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, bantuan dan saran selama ini.
- 5 Yogi, Mia, Rizka, Ajeng, Hasni, Thalia, Nisrina, dan Amel sahabat penulis semenjak di IPB yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun.
- 6 Indah, Yasmin, dan Anggi sahabat masa kecil penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan selalu ada untuk penulis dalam keadaan apapun.
- 7 Yunita, Angela, Agnes, Veronica, Andre, Rakesh, Rizki, dan Jimmy sahabat penulis semenjak SMP yang selalu memotivasi dan mendukung penulis selama ini.
- 8 Bias, Niken, Gita sahabat penulis semenjak SMA yang selalu memotivasi dan mendoakan penulis.
- 9 Seluruh teman-teman satu bimbingan, yaitu Nur, David, Miqdad, Amel, Desi, Dhea, dan Anne.
- 10 Anggota *rareCoder* yaitu Amel, Raihan, Feby, dan Rofiq.
- 11 Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi S1 Ilmu Komputer IPB angkatan 51 atas kebersamaan, bantuan, serta kenangan bagi penulis selama menjalani masa studi.

Bogor, Juli 2018

Ristiyana Sari

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.



## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	3
Manfaat Penelitian	3
Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
Kebakaran Lahan Gambut	3
<i>Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT)</i>	4
Openair	4
<i>Trajectory Pattern Mining</i>	4
<i>Clustering Menggunakan K-Means</i>	5
<i>Framework Shiny</i>	6
<i>Adaptive Software Development (ASD)</i>	6
METOD	7
Data Penelitian	7
Tahapan Penelitian	7
Lingkungan Pengembangan	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	10
SIMPULAN DAN SARAN	19
Simpulan	19
Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	23
RIWAYAT HIDUP	41

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR TABEL

1	Skala tingkat emisi polutan (Fanni 2017)	12
2	Hasil pengujian <i>black box</i>	15
3	Karakteristik responden	16
4	Profil tingkat literasi komputer responden	17
5	Perhitungan skor PSSUQ	18
6	Masalah dan rekomendasi perbaikan modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan GFAS	19

© Hak Cipta  
IPB (Institut Pertanian Bogor)

## DAFTAR GAMBAR

1	Algoritme K-Means (Han <i>et al.</i> 2010)	5
2	Fase <i>Adaptive Software Development</i> (ASD)	6
3	Tahapan penelitian	8
4	Tahapan pengujian <i>usability</i> (diadopsi dari Trianadewi 2017)	9
5	Antarmuka sub menu <i>initial point from user's input</i> (Tyas 2018)	11
6	Visualisasi pergerakan kabut asap dengan data emisi polutan GFAS	12
7	<i>Summary plot</i> ringkasan emisi polutan pada Juli-November 2015	13
8	<i>Calendar plot</i> emisi polutan CO pada Juli-November 2015	13
9	Simulasi <i>google maps</i> emisi polutan CO di Sumatra Selatan	14
10	<i>Clustering</i> emisi polutan di Sumatra Barat pada September 2015	14
11	<i>Summary cluster</i> emisi polutan dengan nilai K adalah 2	15

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Pembangkitan Emisi Polutan untuk emisi polutan CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , dan PM <sub>2.5</sub>	23
2	<i>Calendar plot</i> untuk emisi polutan CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , dan PM <sub>2.5</sub>	25
3	Simulasi <i>google maps</i> untuk emisi polutan CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , dan PM <sub>2.5</sub>	27
4	Prakata, data diri, dan literasi komputer responden	29
5	Skenario <i>task</i> pengujian <i>usability</i>	30
6	Kuesioner PSSUQ	34
7	Rekapitulasi karakteristik responden	34
8	Rekapitulasi hasil penyelesaian <i>task</i>	36
9	Rekapitulasi hasil kuesioner PSSUQ	37
10	Rekapitulasi komentar responden	38

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Luas lahan gambut di Indonesia menempati urutan ke empat terbesar di dunia (Barchia 2006). Menurut Nadjiyati *et al.* (2005), luas lahan gambut diperkirakan 20.6 juta ha atau sekitar 10.8 persen dari luas daratan Indonesia. Lahan gambut di Indonesia tersebar di Kalimantan, Papua, dan Sumatra. Lahan gambut memberikan arti yang sangat penting bagi kehidupan seluruh mahluk hidup karena lahan gambut mempunyai fungsi sebagai pengatur tata air dan fungsi ekologi. Namun, saat ini kondisi lahan gambut di Indonesia terutama di Sumatra dan Kalimantan terus mengalami degradasi. Hal ini disebabkan oleh kebakaran lahan gambut. Kebakaran lahan gambut sulit dipadamkan karena bara api dapat tersimpan di dalam tanah secara berbulan-bulan. Salah satu dampak yang terjadi akibat adanya kebakaran lahan gambut adalah bencana kabut asap. Asap tersebut dipantau menggunakan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

ISPU merupakan nilai yang dijadikan standar kualitas udara di Indonesia. Setiap nilai ISPU memiliki kategorinya masing-masing dan memiliki informasi mengenai dampak kesehatan serta tindakan keamanan jika dapat menimbulkan penyakit. Kebakaran lahan gambut memiliki angka ISPU > 200 yang termasuk dalam kategori sangat tidak sehat yang dapat menimbulkan penyakit. Dampak asap dari kebakaran lahan gambut menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat Indonesia maupun masyarakat di negara tetangga yang berada di sekitar wilayah kebakaran. Data Dinas Kesehatan Provinsi Riau mencatat bahwa bencana kabut asap periode 29 Juni–29 Oktober 2015, proporsi terbesar penyakit dampak asap yang diderita masyarakat adalah ISPA sebesar 83.92% (Kemenkes 2015).

Salah satu solusi untuk mencegah kabut asap adalah mengetahui arah pergerakan kabut asap (*trajectory*) dengan mengenali pola spasial dan temporal pergerakan kabut asap tersebut. Penelitian mengenai *trajectory pattern mining* pada kabut asap telah dilakukan oleh Asti (2017) dengan tujuan mendapatkan wilayah yang tekena kabut asap kebakaran lahan gambut di Sumatra dengan menggunakan model *Hybrid Single Particle Langrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT) serta menganalisis hasil *tracjectory* kabut asap menggunakan algoritme K-Means. Penelitian Luo dan Chen (2015) mengenai potensi sumber dan jalur dispersi PM<sub>2.5</sub> di daerah Shanghai Cina pada bulan Januari 2013 hingga Desember 2014 menggunakan model HYSPLIT, K-Means *clustering*, dan *concentration weighted trajectory* (CWT). Penelitian ini menghasilkan 6 kelompok jalur dispersi PM<sub>2.5</sub>. Salah satu kekurangan dari kedua penelitian tersebut adalah hasil analisis dan informasi mengenai pergerakan kabut asap maupun jalur dispersi PM<sub>2.5</sub> tidak diimplementasikan ke dalam aplikasi web sehingga tidak semua masyarakat mengetahui informasi tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Apriliantono (2017) adalah membangun aplikasi *spatio-temporal clustering* berbasis web menggunakan *framework* Shiny untuk *trajectory* kabut asap dari kebakaran lahan gambut serta menganalisis tingkat konsentrasi polutan berupa CO dan CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam *trajectory* kabut asap kebakaran lahan gambut di Sumatra menggunakan HYSPLIT. Penelitian mengenai aplikasi *trajectory pattern mining* juga dilakukan oleh Tyas (2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

@HakCiptaIPB

Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural U

niversity

BOGOR

Indonesia

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penelitian Tyas (2018) memperbaiki penelitian Apriliantono (2017). Penelitian tersebut menggunakan data sekuens titik panas 3 digit desimal, menambahkan fitur identifikasi hasil *trajectory* berdasarkan nilai *longitude* dan *latitude* yang dimasukkan oleh pengguna pada menu *Haze Trajectory* serta memperbaharui visualisasi dispersi kabut asap. Penelitian yang dilakukan Apriliantono (2017) dan Tyas (2018) masih terdapat kekurangan yaitu, simulasi konsentrasi polutan masih dibangkitkan secara manual menggunakan HYSPLIT.

Menurut Draxler dan Hess (1998), model HYSPLIT digunakan untuk melakukan perhitungan *trajectory* yang kompleks dan melakukan simulasi *trajectory* serta menghitung konsentrasi polutan. *Package SplitR* yang terdapat pada R digunakan untuk memodelkan *trajectory* dengan model HYSPLIT sedangkan, Openair merupakan sebuah *package* dalam bahasa pemrograman R untuk analisis data polutan udara (Carslaw 2015). Penelitian menggunakan Openair telah dilakukan oleh Fanni (2017) mengenai analisis pengelompokan data polutan kabut asap kebakaran lahan gambut di Sumatra menggunakan algoritme K-Means dan Openair. Hasil penelitian ini adalah polutan yang memiliki konsentrasi teringgi dalam asap kebakaran lahan gambut adalah CO<sub>2</sub> dan terendah adalah PM<sub>2.5</sub>. Kekurangan dari penelitian Fanni (2017) adalah hasil visualisasi tidak diimplementasikan ke dalam aplikasi web.

Penelitian ini melakukan pengembangan aplikasi web yang telah dibangun oleh Apriliantono (2017) dan Tyas (2018). Penelitian ini menambahkan fitur pembangkitan emisi polutan dan fitur visualisasi data emisi polutan *Global Fire Assimilation System* (GFAS) yang digunakan pada penelitian Fanni (2017). Menurut Li dan Bidleman (2003), emisi polutan memiliki korelasi yang berbanding lurus dengan konsentrasi polutan. Semakin tinggi emisi dalam suatu daerah, semakin tinggi konsentrasi polutan di daerah tersebut. Aplikasi web dibangun menggunakan *framework* Shiny dengan bahasa pemrograman R. *Framework* Shiny dilengkapi dengan berbagai *widget* sehingga dapat membuat tampilan aplikasi web menjadi interaktif (Chang *et al.* 2015).

Penelitian ini menggunakan model HYSPLIT untuk trayektori kabut asap dan *package* Openair digunakan untuk visualisasi data emisi polutan GFAS. Model HYSPLIT ideal digunakan untuk melihat trayektori dari suatu titik (Draxler dan Hess 1998). Algoritme K-Means digunakan untuk mendapatkan *cluster* data emisi polutan GFAS. Algoritme K-Means efektif digunakan untuk data yang besar (Virmani *et al.* 2015). Hasil *clustering* ditampilkan pada web beserta analisis terhadap pengelompokan data emisi polutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna untuk mengakses informasi mengenai pergerakan kabut asap dan pengelompokan emisi polutan sehingga dapat dampak kebakaran lahan gambut kabut asap dapat diantisipasi.

## Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1 Bagaimana mengembangkan fitur pembangkitan emisi polutan dan fitur visualisasi data emisi polutan GFAS dalam aplikasi web *trajectory pattern mining* menggunakan *framework* Shiny?
- 2 Bagaimana menentukan pengelompokan emisi polutan kabut asap akibat kebakaran lahan gambut di pulau Sumatra menggunakan *framework* Shiny?



## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- 1 Mengembangkan fitur pembangkitan emisi polutan dan fitur visualisasi data emisi polutan GFAS dalam aplikasi web *trajectory pattern mining* menggunakan *framework* Shiny.
- 2 Mengelompokkan data emisi polutan kabut asap dari kebakaran lahan gambut di Sumatra menggunakan *framework* Shiny .

## Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna untuk mengakses informasi mengenai pergerakan kabut asap dan pengelompokan emisi polutan agar bencana kabut asap dapat diantisipasi.

## Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup dari penelitian ini, yaitu:

- 1 Data emisi polutan yang digunakan ialah data emisi polutan *Global Fire Assimilation System* (GFAS) bulan Juli-November 2015 pada pulau Sumatra.
- 2 Penelitian ini hanya menambahkan modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan pada aplikasi web *trajectory pattern mining* yang dibuat oleh Apriliantono (2017) dan Tyas (2017).
- 3 Metode yang digunakan untuk membangkitkan emisi polutan adalah model *Hybrid Single Particle Langrangian Intergrated Trajectory* (HYSPLIT).
- 4 Aplikasi berbasis web dikembangkan menggunakan *framework* Shiny yang tersedia dalam paket bahasa pemrograman R.
- 5 Pembangkitan emisi polutan menggunakan *package* SplitR pada R.
- 6 Visualisasi data emisi polutan menggunakan *package* Openair pada R.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Kebakaran Lahan Gambut

Kebakaran lahan gambut merupakan peristiwa kebakaran yang terjadi di lahan gambut dimana api sulit dipadamkan karena api dapat menembus di bawah permukaan tanah (Najiyati *et al.* 2015). Kebakaran lahan gambut dapat dideteksi dengan melihat pola penyebaran titik panas, perubahan koordinat titik panas, dan jangka waktu adanya titik panas (Usman *et al.* 2015). Titik panas (*hotspot*) adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif tinggi dibandingkan daerah yang ada disekitarnya (Kemenhut 2009). Semakin banyak titik panas yang terbentuk dalam suatu wilayah, maka semakin besar potensi terjadinya kebakaran hutan di wilayah tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

PGCC Agricultural U



## Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPPLIT)

Model HYSPPLIT digunakan untuk menghitung dispersi *trajectory* yang kompleks dan menampilkan simulasi deposisi. Model HYSPPLIT digunakan untuk memodelkan *trajectory* kabut asap dan membangkitkan polutan. Model HYSPPLIT menggunakan metode pendekatan lagrangian dan pendekatan *eulerian*. Pendekatan lagrangian didasarkan pada partikel udara yang mengalir pada suatu *trajectory* yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi sedangkan, pendekatan *Eularian* didasarkan pada penggunaan *grid* untuk menghitung konsentrasi polutan dengan menjumlahkan kontribusi masing-masing polutan (Draxler dan Hess 1998).

Penelitian sebelumnya yang menerapkan model HYSPPLIT adalah penelitian Niam *et al.* (2017). Penelitian tersebut bertujuan mendapatkan konsentrasi polutan berdasarkan *trajectory* kabut asap dan mengelompokkan konsentrasi CO dan CO<sub>2</sub> menggunakan algoritme K-Means. Model HYSPPLIT digunakan untuk mendapatkan konsentrasi polutan dari *trajectory* kabut asap. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *trajectory* polutan CO dan CO<sub>2</sub> dari kebakaran lahan gambut di Provinsi Riau tahun 2015 bergerak dan menyebar ke arah barat, barat laut, timur, timur laut, dan utara dari Provinsi Riau ke Provinsi Sumatra Barat, Sumatra Utara, Aceh, dan Kepulauan Riau.

### Openair

Openair merupakan *package* dalam bahasa pemrograman R yang digunakan untuk analisis data polusi udara. Openair memiliki berbagai macam *plot* untuk analisis polutan udara. *Plot* emisi polutan yang dihasilkan biasanya berupa informasi tingkat emisi polutan yang digabungkan atau dibagi berdasarkan tahun, bulan, hari, dan jam (Carslaw 2015). Penelitian mengenai Openair pernah dilakukan oleh Fanni (2017). Penelitian Fanni (2017) menganalisis pengelompokan data polutan kebakaran lahan gambut di Sumatra menggunakan algoritme K-Means dan *package* Openair. Penelitian Fanni (2017) melakukan visualisasi data polutan menggunakan fungsi *summary plot*, *calendar plot*, dan *google maps* pada Openair. Hasil penelitian berdasarkan hasil visualisasi *summary* data polutan menunjukkan bahwa polutan CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi tertinggi, sedangkan PM<sub>2.5</sub> memiliki konsentrasi terendah dibandingkan dengan polutan lainnya yang terkandung dalam kabut asap kebakaran lahan gambut.

### Trajectory Pattern Mining

*Trajectory pattern mining* berisi informasi mengenai pola spasial dan pola temporal suatu objek yang bergerak. Pola spasial memberikan informasi mengenai pola lintasan suatu objek bergerak, sedangkan pola temporal memberikan informasi mengenai waktu yang dibutuhkan suatu objek untuk bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya. *Trajectory Pattern Mining* mempelajari pola sekuensial spasial-temporal dan urutan anotasi temporal (Giannotti *et al.* 2007).

Penelitian yang berhubungan dengan *trajectory pattern mining* adalah penelitian Apriliantono (2017) dan penelitian Tyas (2018). Penelitian yang dilakukan oleh Apriliantono (2017) adalah membangun aplikasi *spatio-temporal clustering* berbasis web menggunakan *framework* Shiny untuk *trajectory* kabut asap dari kebakaran lahan gambut serta menganalisis tingkat konsentrasi polutan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

berapa CO dan CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam *trajectory* kabut asap dari kebakaran lahan gambut di Sumatra menggunakan HYSPLIT. Aplikasi web *trajectory pattern mining* menampilkan simulasi *trajectory* kabut asap dan tingkat konsentrasi polutan dengan menggunakan keluaran dari *software* HYSPLIT serta melakukan *clustering* menggunakan algoritme ST-DBSCAN dan K-Means.

Penelitian mengenai aplikasi *trajectory pattern mining* juga dilakukan oleh Tyas (2018). Penelitian Tyas (2018) memperbaiki penelitian Apriliantono (2017). Penelitian tersebut menggunakan data sekvensi titik panas 3 digit desimal, menambahkan fitur identifikasi hasil *trajectory* berdasarkan nilai *longitude* dan *latitude* yang dimasukkan oleh pengguna pada menu *Haze Trajectory* serta memperbarui visualisasi dispersi kabut asap.

Penelitian Tyas (2018) menunjukkan bahwa penggunaan *dataset* dengan nilai 3 digit desimal dapat meningkatkan akurasi lokal dispersi kabut asap. Penambahan fitur baru pada menu *Haze Trajectory* membuat aplikasi *trajectory pattern mining* menjadi dinamis, sedangkan perbaikan visualisasi dispersi memudahkan pengguna dalam mengenali *trajectory* berdasarkan sumber titik panas.

### **Clustering Menggunakan K-Means**

Analisis *clustering* menganalisis data objek tanpa menggunakan label kelas. *Clustering* adalah salah satu teknik mengelompokkan data yang memiliki kemiripan ke dalam satu grup. Salah satu contoh algoritme *clustering* adalah K-Means. K-Means membagi data menjadi beberapa *cluster* sesuai dengan nilai K yang merupakan parameter dari algoritme ini. Nilai K dalam parameter ditentukan sendiri oleh pengguna (Han *et al.* 2011). Algoritme K-Means diberikan pada Gambar 1.

**Algoritme K-Means.** Algoritme K-Means untuk partisi, dimana masing-masing pusat *cluster* diberikan oleh nilai rata-rata objek dalam *cluster*

**Input:**

k : jumlah *cluster*,  
D : himpunan data yang berisi n objek.

**Keluaran:** himpunan dari k *cluster*

**Metode:**

- 1 Memilih secara acak objek k dari himpunan data D sebagai pusat *cluster* awal;
- 2 Ulangi
- 3 (kembali) menentukan setiap objek ke *cluster* yang memiliki kemiripan tertinggi, berdasarkan nilai rata-rata objek dalam *cluster*;
- 4 Memperbarui nilai pusat *cluster*, yaitu dengan menghitung nilai rata-rata dari objek untuk setiap *cluster*;
- 5 Sampai tidak ada perubahan nilai rata-rata dan anggota dalam *cluster*;

Gambar 1 Algoritme K-Means (Han *et al.* 2010)

Penelitian menggunakan algoritma K-Means dilakukan oleh Niam *et al.* (2016). Penelitian yang dilakukan oleh Niam *et al.* (2016) menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan tingkat konsentrasi CO dan CO<sub>2</sub> yang terkandung pada *trajectory* kabut asap. Data polutan yang mengandung CO dan

CO<sub>2</sub> diambil dari hasil *trajectory* kabut asap yang dibangkitkan menggunakan HYSPLIT. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata konsentrasi CO adalah 11.1471  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan CO<sub>2</sub> adalah 88.5882  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dari 5 *cluster* yang terbentuk.

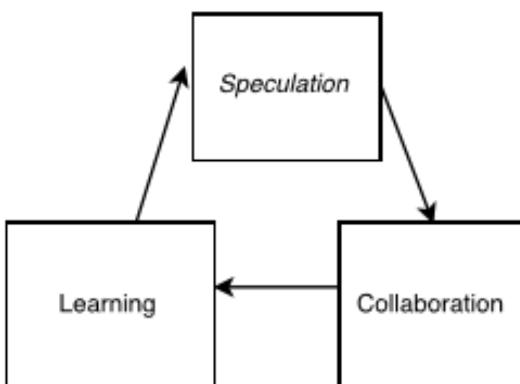
### Framework Shiny

Shiny adalah *package R* yang digunakan untuk membuat aplikasi web yang interaktif dengan menggunakan bahasa pemrograman R. Shiny dilengkapi dengan berbagai *widget* untuk membangun tampilan antarmuka yang interaktif bagi pengguna. Shiny terdiri atas 2 bagian, yaitu bagian antarmuka yang digunakan untuk mengatur tampilan aplikasi dan bagian server yang digunakan untuk menjalankan perintah dalam bentuk fungsi (Chang *et al.* 2015). Penelitian mengenai aplikasi web dengan menggunakan *framework* Shiny dilakukan oleh Apriliantono (2017), dan Tyas (2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Apriliantono (2017) adalah membangun aplikasi web untuk *clustering* konsentrasi polutan data kabut asap dan mengenali pola pergerakan kabut asap tersebut. Pengembangan aplikasi yang dibangun Apriliantono (2017) memiliki beberapa fitur, yaitu penentuan pola sekuens titik panas, menampilkan simulasi model HYSPLIT, menampilkan hasil *cluster* dalam sistem, dan menentukan nilai parameter yang digunakan dalam analisis hasil *cluster* dalam sistem. Penelitian yang dilakukan oleh Tyas (2018) adalah penambahan modul visualisasi kabut asap pada aplikasi *haze trajectory pattern mining*. Penelitian tersebut memperbaiki penelitian Apriliantono (2017). Perbaikan yang dilakukan adalah menambahkan fitur identifikasi hasil *trajectory* berdasarkan nilai *longitude* dan *latitude* yang dimasukkan oleh pengguna pada sub menu simulasi yang terdapat pada menu *haze trajectory*.

### Adaptive Software Development (ASD)

*Adaptive Software Development* (ASD) merupakan salah satu bagian dari model pengembangan Agile. ASD diajukan oleh Jim Highsmith sebagai suatu teknik yang digunakan untuk membangun *software* dan sistem yang kompleks (Pressman 2010). Jim Highsmith mendefinisikan terdapat tiga tahapan pada ASD yaitu, *Speculation*, *Collaboration*, dan *Learning*.



Gambar 2 Fase *Adaptive Software Development* (ASD)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Hak Cipta milik IPB Institut Pertanian Bogor  
Bogor Agricultural University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### 1 *Speculation*

Fase *speculation* dimulai dengan perencanaan siklus adaptif. Perencanaan siklus adaptif menggunakan informasi inisiasi proyek pelanggan, batasan proyek, dan mendefinisikan kebutuhan proyek. Informasi yang dihasilkan akan ditinjau ulang dan disesuaikan agar kerja yang direncanakan sesuai dengan kenyataan dimana tim ASD bekerja.

### 2 *Collaboration*

Tahapan ini merupakan implementasi dalam pengerjaan proyek berdasarkan kebutuhan proyek yang telah definisikan pada tahap *speculation*. Tahapan ini membutuhkan kerjasama yang kuat antar anggota tim dan komunikasi yang baik antara pengembang dan pengguna perangkat lunak.

### 3 *Learning*

Fase *learning* merupakan fase pembelajaran dalam tim ASD melalui pengujian *software*. Tahapan ini memungkinkan pengembang *software* untuk lebih mengerti mengenai teknologi, proses, dan proyek yang sedang dikerjakan. Tim ASD melakukan proses pembelajaran melalui *focus groups*, *technical review*, dan *project postmortems*. Proses pembelajaran melalui *focus groups* berarti pengguna memberi masukan terhadap *software* yang sedang dikerjakan, *technical review* berarti tim ASD melakukan *review* terhadap *software* yang sedang dikerjakan, dan *postmortems* berarti tim ASD melakukan introspeksi pada kerja tim mereka dan proses pembuatan *software*.

## METODE

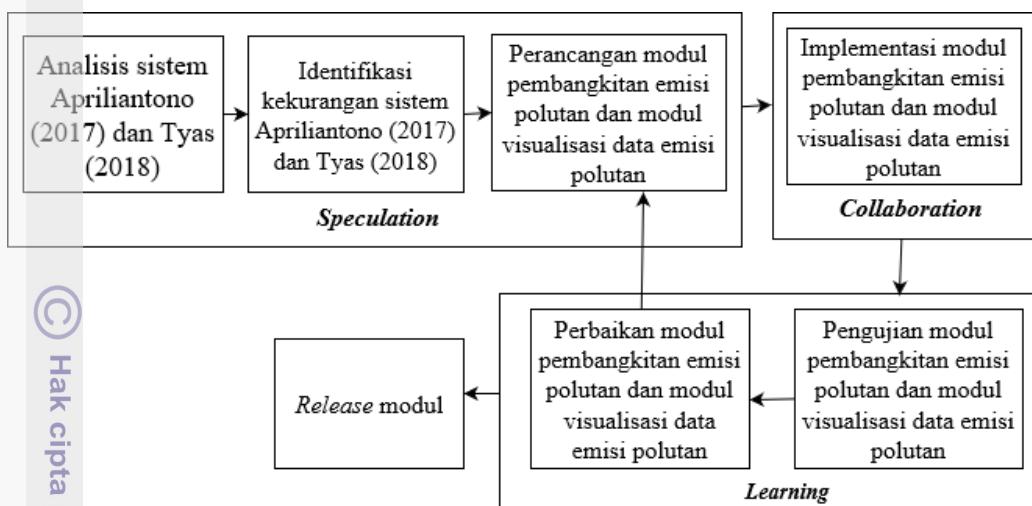
### Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekuens titik panas di Pulau Sumatra, data meteorologi, dan data emisi polutan *Global Fire Assimilation System* (GFAS) di pulau Sumatra. Data sekuens titik panas diperoleh dari penelitian Shofiana (2017) yang sudah melalui tahap praproses. Data emisi polutan GFAS diperoleh dari penelitian Fanni (2017). Jenis polutan yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksida (CO), metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan  $\text{PM}_{2.5}$ . Data emisi polutan yang digunakan adalah fluks emisi polutan atau jumlah emisi polutan per satuan detik pada bulan Juli-November 2015 di pulau Sumatra. Data emisi polutan GFAS dapat diunduh pada *European Centre for Medium-range Weather Forecasts* (ECMWF) *data server* yang merupakan data *Global Fire Assimilation System* (GFAS). Data meteorologi diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) berupa data *Global Data Assimilation System* (GDAS) yang dapat diunduh pada alamat <ftp://arlftp.arlhq.noaa.gov/pub/archives/gdas1>.

### Tahapan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah mengembangkan modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS pada penelitian yang telah dibangun oleh Apriliantono (2017) dan Tyas (2018). Pengembangan modul dilakukan melalui tahapan-tahapan pada *Adaptive Software*

*Development* (ASD). Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan penelitian

### Speculation

Tahapan *speculation* merupakan tahapan pertama dari pengembangan aplikasi. Pada tahap ini dilakukan analisis sistem yang telah dikembangkan oleh Apriliantono (2017) dan Tyas (2018). Analisis sistem diawali dengan mempelajari menu-menu yang terdapat pada sistem. Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi kekurangan sistem Apriliantono (2017) dan Tyas (2018). Setelah dilakukan identifikasi kekurangan sistem, tahapan selanjutnya adalah merancang modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan untuk memperbaiki kekurangan sistem tersebut.

### Collaboration

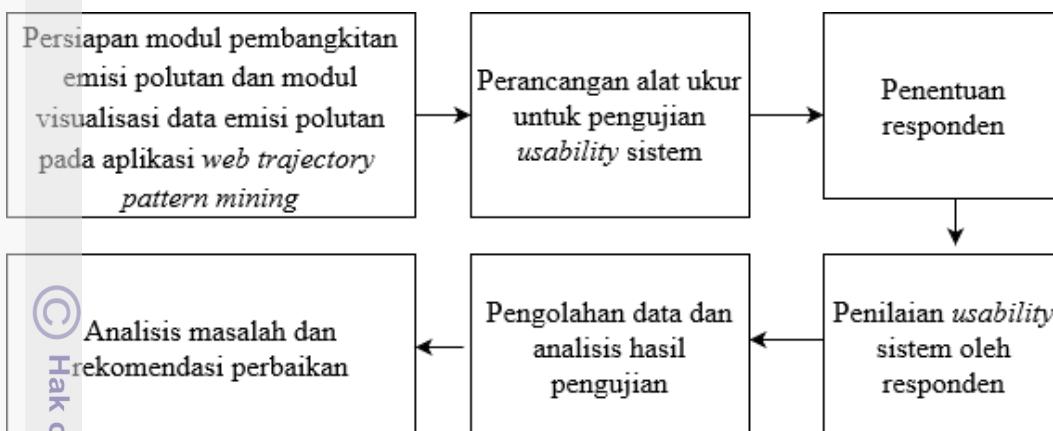
Tahapan ini merupakan tahapan implementasi modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan. Tahapan implementasi modul pembangkitan emisi polutan diawali dengan mensimulasikan pergerakan kabut asap dengan memilih data sekuens titik panas terlebih dahulu. Emisi polutan dibangkitkan dengan menumpang tindih simulasi pergerakan kabut asap dengan simulasi data emisi polutan GFAS. Modul visualisasi data emisi polutan GFAS terdiri atas visualisasi *summary plot*, *calendar plot*, visualisasi *google maps* persebaran emisi polutan, dan visualisasi hasil pengelompokan emisi polutan menggunakan algoritme K-Means.

### Learning

Tahapan ini merupakan tahapan pengujian terhadap sistem yang telah dikembangkan. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem yang telah dibuat sesuai dengan kebutuhan dan memastikan bahwa pengguna mengerti cara penggunaan sistem. Setelah pengujian selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah perbaikan sistem pada iterasi kedua apabila terdapat kekurangan pada sistem. Penelitian mengenai pengujian *usability* pernah dilakukan Trianadewi (2017). Ukuran *usability* yang digunakan pada penelitian ini mengikuti aturan ISO 9241-

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

11 yaitu efektivitas dan kepuasan pengguna. Gambar 4 merupakan tahapan-tahapan pengujian *usability* pada penelitian ini.



Gambar 4 Tahapan pengujian *usability* (diadopsi dari Trianadewi 2017)

Tahapan-tahapan *usability* yang digunakan pada penelitian ini diadopsi dari tahapan penelitian *usability* pada Trianadewi (2017). Tahap pertama adalah mempersiapkan modul dengan baik. Tahap kedua adalah merancang alat ukur untuk pengujian *usability* sistem dengan membuat *task* dan skenario sesuai dengan fungsi-fungsi yang terdapat pada sistem. Tahapan ketiga adalah menentukan responden. Responden yang akan menguji aplikasi ini adalah mahasiswa Departemen Ilmu Komputer, dan mahasiswa Fakultas Kehutanan (FAHUTAN). Tahapan keempat yaitu penilaian *usability* sistem pada modul yang telah dikembangkan dengan pendekatan *one-on-one usability testing*. Pendekatan tersebut dilakukan dengan mengobservasi satu per satu responden saat mengerjakan *task*.

*Usability testing* dilakukan dengan memberikan serangkaian *task* mengenai antarmuka aplikasi. Pendekatan *one-on-one usability testing* dilakukan dengan memberikan informasi kepada responden mengenai sistem secara umum dan responden mengisi kuesioner *Post Study Usability Questionnaire* (PSSUQ). Kuesioner tersebut digunakan untuk mengukur kepuasan pengguna *user* terhadap suatu sistem komputer (Lewis 1995). Tahapan kelima adalah pengolahan data dan analisis hasil pengujian untuk mengukur tingkat kesuksesan aplikasi dalam menyelesaikan *task*. Tahapan yang terakhir adalah analisis masalah dengan mengevaluasi komentar dan kesulitan yang dihadapi responden ketika mengerjakan *task* yang diberikan.

## Lingkungan Pengembangan

Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Perangkat keras berupa komputer personal dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Processor Intel Core i5
  - RAM 8 GB
  - Harddisk Internal 500 GB
- 2 Perangkat lunak yang digunakan:
  - Sistem Operasi Windows 10 64-bit



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Bahasa pemrograman R versi 3.4.2 untuk menjalankan RStudio
- *Package SplitR* untuk simulasi pola *trajectory*
- *Package Openair* untuk visualisasi data emisi polutan
- RStudio versi 1.1.383 dengan *framework Shiny* untuk membangun aplikasi.
- PostgreSQL sebagai DBMS untuk mengelola data sekuens titik panas dan data meteorologi.
- Microsoft Excel 2013 untuk membaca *dataset*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Adaptive Software Development* (ASD) yang digunakan memiliki tiga tahapan utama yaitu *speculation*, *collaboration*, dan *learning*. Setiap tahapan memiliki satu atau lebih sub tahapan.

### *Speculation*

Proses *speculation* terdiri atas tiga tahapan antara lain analisis sistem, identifikasi kekurangan sistem, serta perancangan modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS.

#### 1 Analisis sistem Apriliantono (2017) dan Tyas (2018)

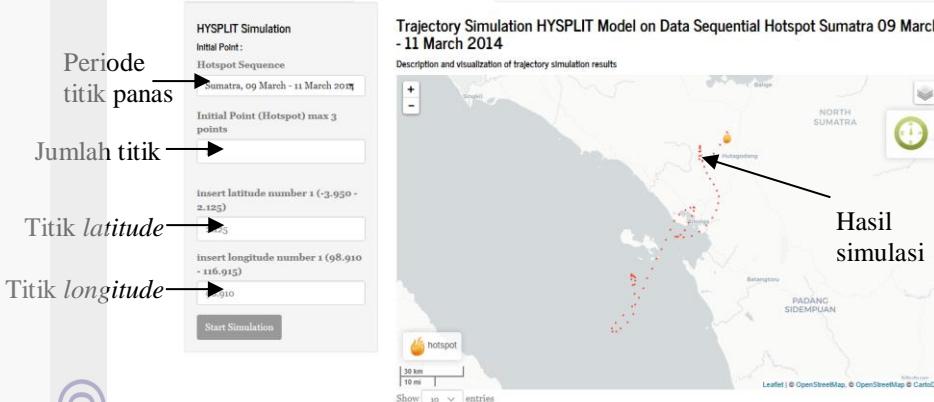
Sistem yang telah dibangun Apriliantono (2017) adalah aplikasi web *trajectory pattern mining* dengan menggunakan *framework Shiny*. Sistem terdiri atas tiga menu utama yaitu *Haze Trajectory*, *Haze Pollution*, dan *Haze Pollutants Visualization*. Sistem tersebut memiliki beberapa fitur, yaitu penentuan pola sekuens titik panas, menampilkan simulasi model HYSPLIT, menampilkan hasil *cluster* dalam sistem, dan menentukan nilai parameter yang digunakan dalam analisis hasil *cluster* dalam sistem. Data sekuens titik panas dan data meteorologi yang digunakan pada aplikasi web tersebut dimodelkan *trajectory*-nya menggunakan model HYSPLIT. Simulasi pembangkitan polutan dilakukan dengan mengambil data dari *database* hasil pembangkitan polutan secara manual menggunakan perangkat lunak HYSPLIT. Proses *clustering* data *trajectory* atau data konsentrasi polutan berdasarkan *spatial* dan *temporal* pada aplikasi web menggunakan algoritme K-Means dan ST-DBSCAN.

Sistem yang dikembangkan oleh Tyas (2018) adalah penambahan sub modul *initial point from user's input* dan *initial point from CSV File* pada aplikasi yang dibangun Apriliantono (2017). Sub modul tersebut memungkinkan pengguna untuk memasukkan data titik panas secara langsung pada sistem atau melalui fail csv. Data sekuens titik panas yang digunakan pada penelitian Tyas (2018) adalah data sekuens titik panas dengan 3 digit desimal. Gambar 5 menunjukkan antarmuka sub menu *initial point from user's input* pada aplikasi Tyas (2018).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U



Gambar 5 Antarmuka sub menu *initial point from user's input* (Tyas 2018)

Identifikasi kekurangan sistem Apriliantono (2017) dan Tyas (2018)

Kekurangan sistem yang telah dibangun oleh Apriliantono (2017) dan Tyas (2018) adalah konsentrasi polutan tidak dibangkitkan secara langsung menggunakan *framework* Shiny, melainkan menggunakan perangkat lunak HYSPLIT. Visualisasi data polutan hanya menggunakan *google maps*.

Perancangan modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS

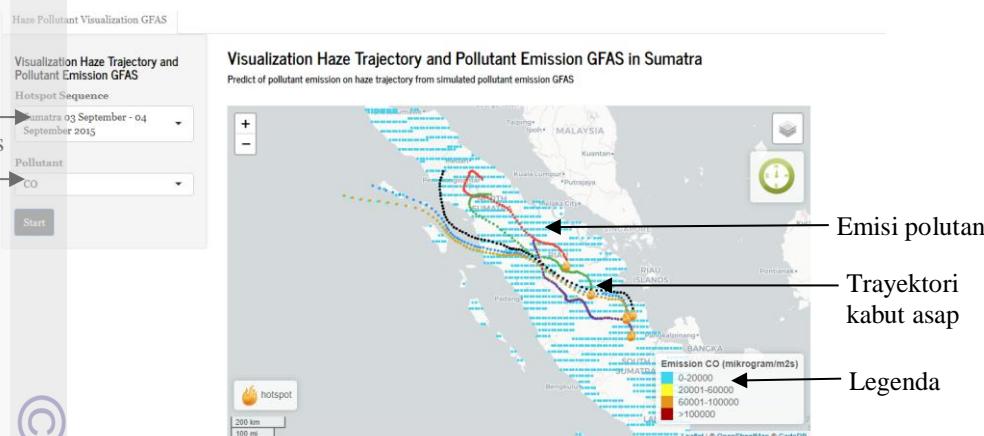
Modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS akan ditambahkan pada aplikasi web *trajectory pattern mining* menggunakan *framework* Shiny. Emisi polutan memiliki korelasi yang berbanding lurus dengan konsentrasi polutan (Li dan Bidleman 2013). Semakin tinggi emisi polutan dalam suatu daerah, semakin tinggi konsentrasi polutan di daerah tersebut, hal tersebut juga berlaku sebaliknya. Oleh karena itu, modul pembangkitan emisi polutan dapat menggambarkan konsentrasi polutan di suatu daerah, sedangkan modul visualisasi data emisi polutan GFAS ditambahkan agar pengguna dapat melihat visualisasi data emisi polutan di beberapa daerah melalui *calendar plot*, *summary plot*, dan visualisasi *google maps*.

### **Collaboration**

Modul pembangkitan emisi polutan terdapat pada menu *Haze Pollutant Visualization* GFAS dalam aplikasi web *trajectory pattern mining*. Pengguna terlebih dahulu harus memilih data sekvensi titik panas pada periode tertentu dan jenis polutan yang akan dibangkitkan pada *dropdown list*. Emisi polutan dibangkitkan dengan menumpang tindih simulasi pergerakan kabut asap dengan simulasi data emisi polutan GFAS. Simulasi pergerakan kabut asap menggunakan model HYSPLIT dengan *package* SplitR. Gambar 6 merupakan hasil visualisasi pergerakan kabut asap dengan data emisi polutan GFAS pada periode Sumatra 03 September-04 September 2015 dengan emisi polutan CO. Hasil pembangkitan emisi polutan untuk emisi polutan CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, dan PM<sub>2,5</sub> terdapat pada Lampiran 1.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 6 Visualisasi pergerakan kabut asap dengan data emisi polutan GFAS

Pada Gambar 6 terlihat bahwa hasil simulasi pergerakan kabut asap bertumpang tindih dengan simulasi data emisi polutan GFAS. Simulasi data emisi polutan GFAS berada di bagian dasar sedangkan, simulasi pergerakan kabut asap berada di bagian atas. Titik panas secara berurutan sebagai titik awal simulasi pergerakan kabut asap. Pengguna dapat memperkirakan emisi polutan yang terdapat pada sekuen titik panas pada pergerakan kabut asap dengan melihat titik-titik yang saling bertumpang tindih atau berdekatan. Legenda pada peta menunjukkan *range* fluks emisi polutan atau jumlah emisi polutan per satuan detik. Legenda berbeda untuk setiap jenis polutan berdasarkan skala tingkat emisi polutan yang didefinisikan pada penelitian Fanni (2017) pada Tabel 1.

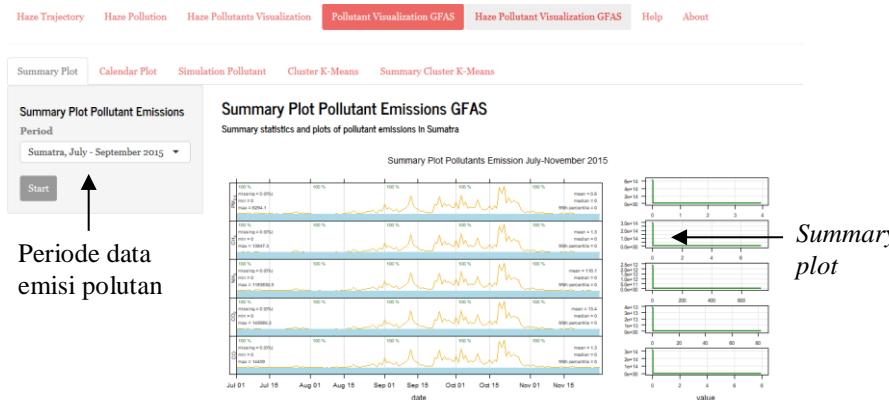
Tabel 1 Skala tingkat emisi polutan (Fanni 2017)

Skala	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ )	$\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ )	$\text{PM}_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ )	$\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ )	$\text{NH}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ )
Rendah	0-20000	0-200000	0-1000	0-2000	0-2000
Sedang	20000- 60000	200000- 400000	1000- 3000	2000-6000	2000-6000
Tinggi	60000- 100000	400000- 800000	3000- 5000	6000- 10000	6000- 10000
Sangat tinggi	> 100000	> 800000	> 5000	> 10000	> 10000

Skala tingkat emisi polutan memiliki warna yang berbeda pada legenda. Warna biru muda menunjukkan tingkat emisi polutan rendah, warna kuning menunjukkan tingkat emisi polutan sedang, warna orange menunjukkan tingkat emisi polutan tinggi, dan warna merah menunjukkan tingkat emisi polutan sangat tinggi. Warna tersebut berlaku untuk semua legenda pada simulasi menggunakan *google maps*.

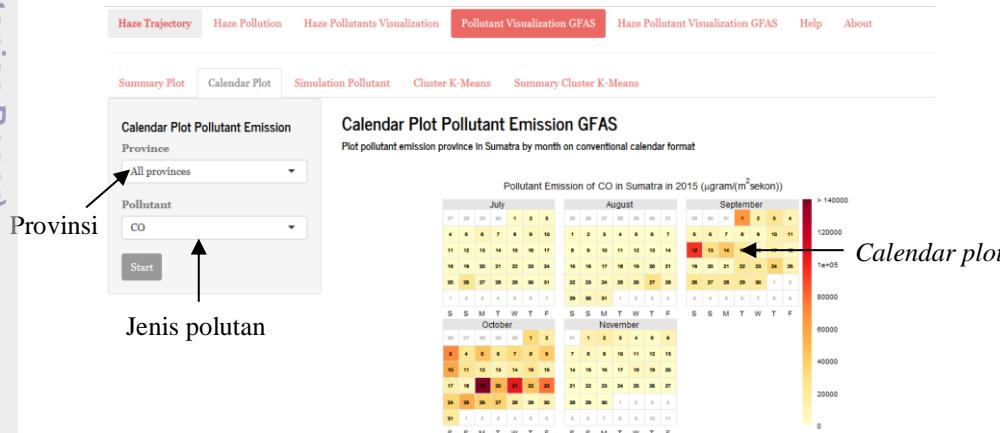
Modul visualisasi data emisi polutan GFAS terdapat pada menu *Pollutant Visualization GFAS*. Pada menu ini terdapat sub-sub menu yaitu *Summary Plot*, *Calendar Plot*, *Simulation Pollutant*, *Cluster K-Means*, dan *Summary Cluster K-Means*. Berikut penjelasan dari tiap sub menu:

- *Summary Plot* merupakan plot ringkasan data pada masing-masing jenis polutan. Gambar 7 merupakan *summary plot* untuk emisi polutan pada bulan Juli-November 2015 di Sumatra.



Gambar 7 *Summary plot* ringkasan emisi polutan pada Juli-November 2015

*Calendar Plot* merupakan visualisasi emisi polutan yang ditampilkan dengan *calendar* pada bulan Juli-November 2015. *Calendar plot* memudahkan pengguna untuk melihat emisi polutan. Legenda pada *calendar plot* mengikuti skala tingkat emisi polutan pada Tabel 1. Gambar 8 merupakan *calendar plot* emisi polutan CO, sedangkan *calendar plot* untuk emisi polutan CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, dan PM<sub>2,5</sub> dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 8 *Calendar plot* emisi polutan CO pada Juli-November 2015

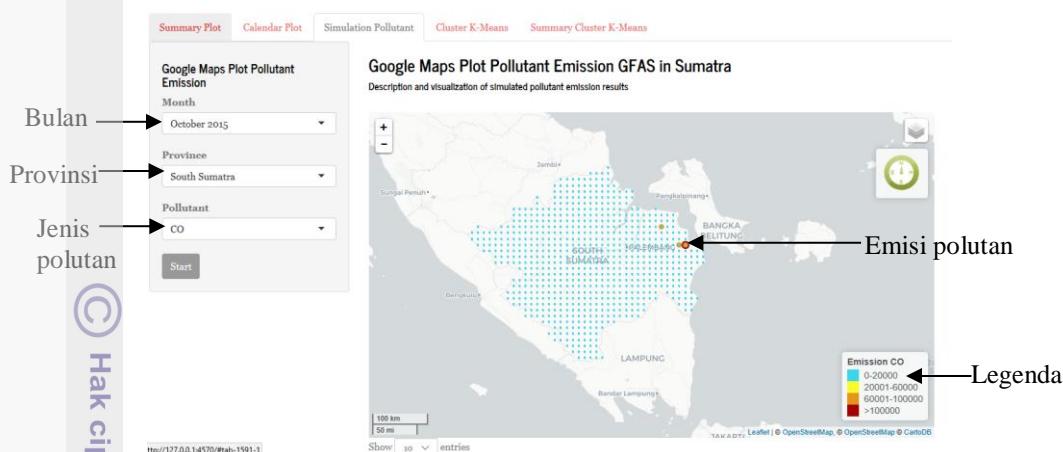
*Simulation Pollutant* merupakan hasil simulasi data emisi polutan GFAS dalam *google maps* pada bulan, provinsi, dan jenis polutan yang dipilih. Perbedaan warna pada simulasi polutan menunjukkan tingkat emisi polutan berdasarkan Tabel 1. Keterangan mengenai tingkat emisi polutan melalui warna dicantumkan pada legenda yang berada di sebelah kanan bawah *maps*. Gambar 9 merupakan simulasi emisi polutan CO *google Maps* pada bulan Oktober 2015 di Provinsi Sumatra Selatan, sedangkan simulasi polutan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

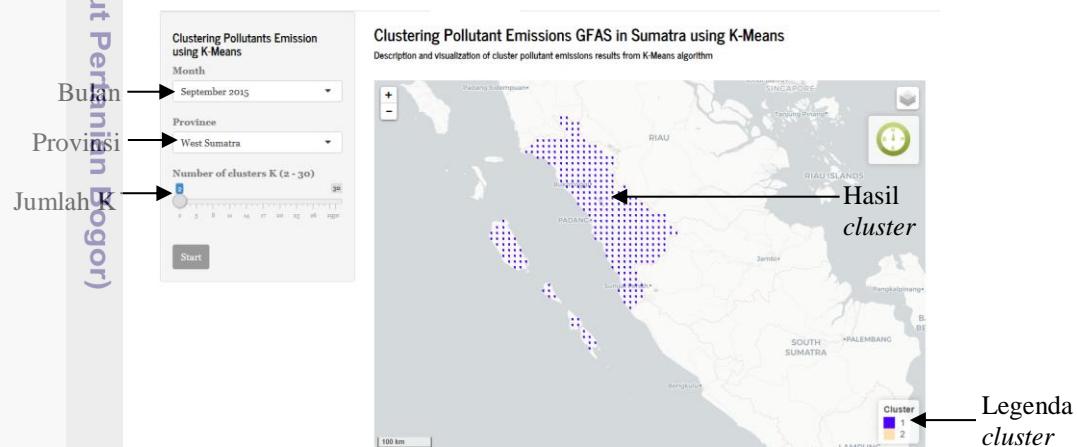
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

untuk emisi polutan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{PM}_{2.5}$  dapat dilihat pada Lampiran 3.



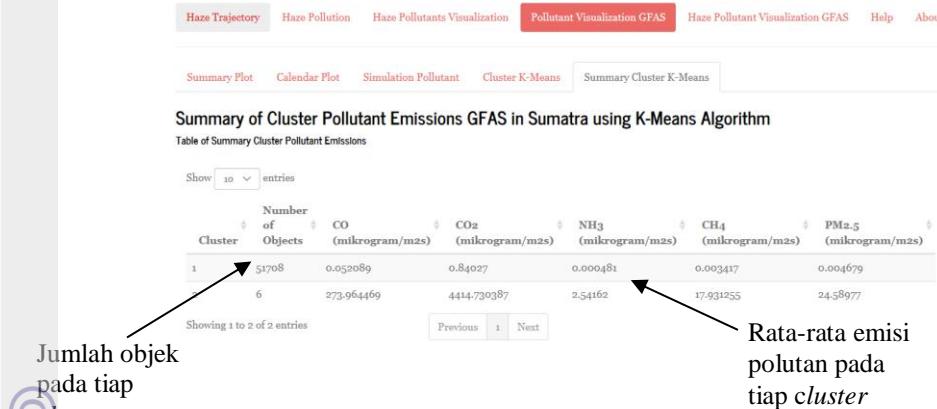
Gambar 9 Simulasi *google maps* emisi polutan CO di Sumatra Selatan

- *Cluster K-Means* merupakan hasil simulasi *cluster* data emisi polutan dengan menggunakan algoritme K-Means. Pengguna dapat memilih jumlah *cluster* (*K*) yang diinginkan dari rentang 2-30. Gambar 10 merupakan hasil *clustering* pada bulan September 2015 di provinsi Sumatra Barat dengan nilai *K* adalah 2.



Gambar 10 *Clustering* emisi polutan di Sumatra Barat pada September 2015

- *Summary Cluster K-Means* berisi ringkasan total objek dan rata-rata setiap emisi polutan pada tiap *cluster*. Gambar 11 merupakan hasil *summary cluster* pada pengelompokan emisi polutan pada bulan September 2015 di provinsi Sumatra Barat dengan nilai *K* adalah 2.



Gambar 11 Summary cluster emisi polutan dengan nilai K adalah 2

### Learning

Pengujian yang dilakukan pada tahapan ini adalah *usability testing*. Sebelum melakukan *usability testing*, modul yang dikembangkan terlebih dahulu dilakukan pengujian *black box* agar aplikasi sudah dipersiapkan dengan baik pada saat *usability testing*. Pengujian *black box* dilakukan dengan menguji *fitur-fitur* yang telah diimplementasikan ke dalam *framework Shiny*. Hasil pengujian *black box* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian *black box*

No	Fitur	Hasil Pengujian
1	Membangkitkan emisi polutan dengan menampilkan simulasi pergerakan kabut asap dengan data emisi polutan GFAS	Sukses
2	Menampilkan <i>summary plot</i> data emisi polutan GFAS	Sukses
3	Menampilkan <i>calendar plot</i> data emisi polutan GFAS	Sukses
4	Menampilkan <i>calendar plot</i> berdasarkan provinsi data emisi polutan GFAS	Sukses
5	Menampilkan simulasi data emisi polutan GFAS	Sukses
6	Mengelompokkan data emisi polutan GFAS	Sukses
7	Menampilkan hasil pengelompokan data emisi polutan GFAS	Sukses
8	Menampilkan <i>summary cluster K-Means</i>	Sukses

Pengujian *usability testing* dilakukan setelah melakukan pengujian *black box*. Pengujian *usability testing* dilakukan dengan mempersiapkan modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan, merancang alat ukur untuk pengujian *usability* sistem, menentukan responden, menilai *usability* sistem oleh responden, mengolah data dan analisis hasil pengujian, serta analisis masalah dan rekomendasi perbaikan. Tahapan-tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut:

a. Persiapkan modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan pada aplikasi web *trajectory pattern mining*

Modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan terdapat pada aplikasi web *trajectory pattern mining*. Modul pembangkitan emisi polutan hanya terdiri atas satu menu yaitu simulasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

c. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pergerakan kabut asap yang bertumpang tindih dengan simulasi data emisi polutan. Modul visualisasi data emisi polutan terdiri atas *summary plot*, *calendar plot*, simulasi polutan *google maps*, pengelompokan data emisi polutan dengan algoritme K-Means dan *summary* data hasil pengelompokan dengan algoritme K-Means.

Modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan dibangun menggunakan *framework* Shiny dengan bahasa pemrograman R. Pengujian dilakukan pada laptop pengembang. Data yang digunakan pada pengujian dimuat pada DBMS PostgreSQL dan direktori yang terdapat pada laptop pengembang. Data yang dimuat pada DBMS PostgreSQL adalah data titik panas dan data emisi polutan GFAS periode Juli-November 2015. Data meteorologi terdapat pada direktori di laptop pengembang.

### b. Perancangan alat ukur untuk pengujian *usability*

Ukuran *usability* menurut ISO 9241-11 adalah efektivitas dan kepuasan pengguna. Alat ukur yang digunakan untuk evaluasi *usability* adalah kuesioner penelitian yang terdiri atas tiga bagian yaitu prakata, informasi data diri responden, dan literasi komputer (Lampiran 4), daftar *task* dan skenario pengujian *usability* (Lampiran 5), dan kuesioner PSSUQ (Lampiran 6). *Task* dan skenario ditentukan berdasarkan fungsi-fungsi yang tersedia pada modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS. Pada pengujian ini terdapat 39 *task*.

### c. Penentuan responden

Responden pada penelitian ini terdiri atas 9 responden yang terdiri atas 7 mahasiswa Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan 2 mahasiswa Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan sebagai personal yang berkaitan dengan penggunaan dan pengolahan data titik panas atau kebakaran hutan.

Rekapitulasi karakteristik responden dapat dilihat pada Lampiran 7. Seluruh responden merupakan mahasiswa dengan rentang usia 21-23 tahun, biasa menggunakan komputer berupa laptop dengan rata-rata penggunaan komputer 9 jam/hari, penguasaan komputer didominasi oleh responden pada level biasa berjumlah 8 responden dan 1 responden berada pada level handal. Mayoritas responden sudah melakukan pelatihan IT terutama pada bidang pemrograman.

Tabel 3 menunjukkan jumlah karakteristik responden, sedangkan tingkat literasi komputer responden ditunjukkan pada Tabel 4. Perhitungan literasi komputer menggunakan fungsi rata-rata dengan skala *likert* 1-5. Semakin tinggi nilai rata-rata yang diperoleh, semakin sering responden menggunakan komputer.

Tabel 3 Karakteristik responden

Karakteristik	Jumlah responden
Jenis Kelamin	
Pria	8
Wanita	1
Pelatihan/Pengalaman	
Pemrograman	6
Jaringan Komputer	2
Analisis Data	2

Tabel 3 Karakteristik responden (Lanjutan)

Karakteristik	Jumlah responden
Data Mining	2
Basis data	0
Penguasaan Komputer	
Sangat Handal	0
Handal	1
Tidak Handal	8
Penggunaan Komputer	
1-3 Jam	1
4-7 Jam	2
>7 Jam	6

Tabel 4 Profil tingkat literasi komputer responden

Kegiatan	Rata-rata responden
Mendokumentasikan informasi	3.33
Mengakses informasi secara <i>online</i>	4.33
Berkomunikasi dengan teman	3.78
Menulis laporan penelitian	3.44
Membuat program komputer	3.11
Melakukan pengolahan data	3.44

d. Penilaian *usability* sistem oleh responden.

Penilaian *usability* sistem oleh responden dilakukan dalam tiga sesi. Sesi pertama dilakukan pada tanggal 14 Mei 2018 dengan responden 2 mahasiswa Departemen Ilmu Komputer, sesi kedua dilakukan pada tanggal 15 Mei 2018 dengan responden 3 mahasiswa, sesi ketiga dilakukan pada tanggal 18 Mei 2018 dengan responden 2 mahasiswa Departemen Ilmu Komputer dan 2 mahasiswa Departemen Silvikultur. Penilaian *usability* dilakukan dengan pendekatan *one-on-one usability testing*.

Penilaian diawali dengan pengembang menyampaikan maksud dan tujuan penilaian, aturan pelaksanaan penilaian, menjelaskan modul yang ingin diuji dan fungsi-fungsi pada modul yang telah dibuat. Pengembang juga menjelaskan kuesioner yang akan digunakan. Setiap responden bebas berkomentar mengenai pendapatnya pada sistem. Pengembang mengobservasi proses penyelesaian *task* dan mencatat komentar-komentar responden. Setelah responden menyelesaikan *task*, responden diminta untuk memberi penilaian mengenai kepuasan penggunaan sistem dengan mengisi kuesioner PSSUQ.

e. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian

Analisis hasil pengujian *usability* menggunakan parameter tingkat keberhasilan penyelesaian *task* dan hasil kuesioner PSSUQ. Tingkat keberhasilan penyelesaian *task* menunjukkan efektivitas dan hasil kuesioner PSSUQ menunjukkan kepuasan pengguna dalam menggunakan sistem.

Tingkat keberhasilan *task*

Tingkat keberhasilan *task* merupakan jumlah *task* yang berhasil diselesaikan oleh responden. *Task* dapat dikatakan berhasil apabila *task* berhasil diselesaikan dan tidak terdapat *error* pada sistem. Tingkat keberhasilan *task* menunjukkan efektivitas suatu sistem. Efektivitas dapat dihitung dengan rumus (Bevan 1995):



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^N n_{ij}}{NR} \times 100\%$$

dengan:

$n_{ij}$  = hasil *task i* oleh responden *j*, bernilai 0 jika gagal dan 1 jika berhasil

N = total *task* yang dilakukan seorang responden

R = total responden

Pada penelitian ini, hasil *task* yang berhasil diselesaikan adalah 349 dengan total *task* adalah 39 dan total responden yang diuji adalah 9 sehingga, efektivitas modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan adalah 99.43%. Rekapitulasi hasil penyelesaian *task* terdapat pada Lampiran 8.

- Hasil kuesioner PSSUQ

Tingkat kepuasan pengguna berdasarkan indikator penilaian kuesioner PSSUQ (Lampiran 6) yang dihitung dengan skala *likert* 1-7. Semakin besar skor, maka semakin tinggi tingkat kepuasan responden terhadap sistem. Perhitungan skor berdasarkan fungsi rata-rata dari skor pertanyaan yang sesuai. Tabel 6 menunjukkan indikator dan pertanyaan untuk perhitungan skor PSSUQ.

Tabel 5 Perhitungan skor PSSUQ

Indikator	Item pertanyaan
<i>Overall</i>	Pertanyaan 1-19
<i>System usefulness</i>	Pertanyaan 1-8
<i>Information quality</i>	Pertanyaan 9-15
<i>Interface quality</i>	Pertanyaan 16-18

Indikator *overall* menunjukkan kepuasan pengguna terhadap sistem secara keseluruhan, indikator *System usefulness* merupakan penilaian kegunaan sistem yang mengacu pada mudah atau tidaknya sistem untuk dipelajari dan digunakan. Indikator *information quality* merupakan penilaian mengenai penyediaan informasi yang mengacu pada tanggapan sistem dalam memberikan pesan kesalahan dan informasi perbaikan kesalahan, dan *Interface quality* menilai kualitas tampilan antarmuka sistem. Pada penelitian ini, nilai *Overall* dalam persentase sebesar 84.13%, nilai *System usefulness* dalam persentase sebesar 84.40%, nilai *Information quality* dalam persentase sebesar 80.36%, dan nilai *Interface quality* dalam persentase sebesar 83.60%. Rekapitulasi hasil kuesioner PSSUQ dapat dilihat pada Lampiran 9.

- f. Analisis masalah dan rekomendasi perbaikan

Pada pengujian modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan, responden diminta mencoba modul dan mengutarakan komentarnya mengenai modul tersebut. Komentar yang diutarakan oleh responden menunjukkan beberapa masalah atau kekurangan pada modul yang telah dikembangkan. Rekapitulasi komentar responden terhadap sistem dapat dilihat pada Lampiran 10. Responden dalam memberikan komentar sering kali memberikan rekomendasi perbaikan. Masalah dan rekomendasi perbaikan

modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Masalah dan rekomendasi perbaikan modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan GFAS

	Permasalahan	Rekomendasi perbaikan
Modul Visualisasi Data Emisi Polutan GFAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ukuran <i>summary plot</i> dan <i>calendat plot</i> kecil</li> <li><i>Progress bar</i> tidak terlalu terlihat</li> <li>Tombol <i>start</i> tidak menarik</li> <li>Sistem masih memproses walaupun <i>progress bar</i> sudah muncul</li> <li>Tabel hasil <i>clustering</i> tidak bisa mem-filter berdasarkan <i>cluster</i></li> <li><i>Paging</i> tidak rapi pada sub menu <i>summary cluster</i></li> <li>Sub menu <i>Summary Cluster K-Means</i> membingungkan jika responden membukanya sebelum melakukan <i>clustering</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan fungsi <i>zoom</i></li> <li><i>Progress bar</i> ditempatkan di tengah</li> <li>Tombol <i>start</i> diberi warna misalnya, warna biru</li> <li>Tombol <i>start disable</i> ketika memproses data</li> <li>Menambah <i>dropdown list</i> mengenai pilihan <i>cluster</i> yang ingin ditampilkan pada bagian atas tabel hasil <i>clustering</i></li> <li>Merapikan <i>paging</i> pada sub menu <i>cluster</i></li> <li>Memasukkan tabel hasil <i>summary cluster</i> pada submenu <i>Cluster K-Means</i></li> </ul>
Modul Pembangkitan Emisi Polutan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keterangan mengenai perbedaan warna pada pergerakan kabut asap tidak dijelaskan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menambahkan keterangan mengenai perbedaan warna pada pergerakan kabut asap</li> </ul>

Rekomendasi perbaikan antarmuka sistem antara lain penambahan fitur *zoom* pada grafik *summary plot* dan *calendar plot*, perbaikan tampilan tombol *start* maupun *progress bar*, perbaikan *pagination*, penambahan fitur *filter* pada data tabel, dan pemindahan *summary cluster K-Means* ke sub menu *Cluster K-Means*.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan GFAS berhasil diimplementasikan untuk data *historical* pada aplikasi web *trajectory pattern mining*. Data *historical* yang digunakan pada penelitian ini adalah data emisi polutan berupa fluks emisi polutan atau jumlah emisi polutan per satuan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB Institut Pertanian Bogor  
Bogor Agricultural University

1.

detik pada Juli-November 2015 di pulau Sumatra. Modul pembangkitan emisi polutan dapat memberikan informasi kepada pengguna mengenai estimasi emisi polutan yang terdapat pada suatu daerah. Emisi polutan dapat mengambarkan kadar konsentrasi polutan di suatu daerah. Semakin tinggi emisi polutan, semakin tinggi konsentrasi polutan.

Modul visualisasi data emisi polutan memudahkan pengguna untuk mendapatkan informasi mengenai emisi polutan di suatu provinsi. Visualisasi dalam bentuk *summary plot*, *calendar plot*, dan *google maps* memudahkan pengguna memahami plot emisi polutan. Berdasarkan hasil pengujian *usability*, nilai efektivitas pada modul yang telah dibuat adalah 99.43% dan tingkat kepuasan sistem secara keseluruhan adalah 84.13%.

## Saran

Penelitian ini hanya memvisualisaikan dan membangkitkan data emisi polutan pada bulan Juli-November 2015. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan data emisi polutan terbaru. Selain itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki sistem berdasarkan rekomendasi antarmuka kemudian dilakukan evaluasi *usability* sistem kembali. Rekomendasi antarmuka yang disarankan yaitu, penambahan fitur *zoom* pada grafik *summary plot* dan *calendar plot*, perbaikan tampilan tombol *start* maupun *progress bar*, perbaikan *pagination*, penambahan fitur *filter* pada data tabel, pemindahan *summary cluster K-Means* ke sub menu *Cluster K-Means*, dan penggabungan menu *Haze Pollutant Visualization GFAS* dengan menu *Haze Trajectory*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriliantono. 2017. Pola *Trajectory* dan Tingkat Konsentrasi Polutan Kabut Asap Kebakaran Gambut Sumatra Menggunakan Pendekatan *Trajectory Pattern Mining* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Asti AD. 2017. Analisis *Cluster Trajectory* Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Sumatra Menggunakan HYSPLIT Dalam Paket OpenTraj [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Barchia MF. 2006. *Gambut Agroekosistem dan Transformasi Karbon*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Bevan N. 1995. Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal*. 4(2):115-130. doi: 10.1007/BF00402715.
- Carslaw DC. 2015. *The Openair Manual: Open-source Tools for Analysing Air Pollutant Data*. London (GB): King's College London.
- Chang W, Cheng J, Allaire JJ, Xie Y, McPherson J. 2015. Package 'shiny' [Internet]. [diunduh 2018 Januari 7]. Tersedia pada: <https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/shiny.pdf>.
- Draxler RR, Hess GD. 1998. *An Overview of the HYSPLIT\_4 Modelling System for trajectories, Dispersion, and Deposition*. USA: NOAA Air Resources Laboratory, silver Spring, Maryland.

2.

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Fanni S. 2017. Analisis Pengelompokan Data Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Sumatra Menggunakan Algoritme K-Means dan Openair [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Gianotti F, Nanni M, Pedreschi D, Pinelli F. 2007. Trajectory pattern mining. International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'07); 2007 Agt 12-15; San Jose, California, Amerika Serikat. California (US): ACM. hlm 330-339.
- Han J, Kamber M, dan Pei J. 2011. *Data Mining: Concepts and Techniques*. San Fransisco (US): Morgan Kauffman.
- [KEMENKES] Kementrian Kesehatan. 2015. Masalah Kesehatan Akibat Kabut Asap Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2015 [Internet]. ISSN: 2442- 7659 [diunduh 2017 Oktober 18] tersedia pada: <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin-asap.pdf>.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015. Jakarta (ID): KLHK.
- Lewis JR. 1995. IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use *International Journal of Human-Computer Interaction*. 7(1):57-78. doi:10.1080/10447319509526110.
- Li YF, Bidleman TF. 2003. Correlation between Global Emissions of  $\alpha$ -hexachlorocyclohexane and Its Concentrations in the Arctic Air [Internet]. [diunduh 2018 April 19];1(1):52-57. doi: 10.3808/jei.200300006. Tersedia pada: [https://www.researchgate.net/publication/237716793\\_Correlation\\_between\\_Global\\_Emissions\\_of\\_alpha-hexachlorocyclohexane\\_and\\_Its\\_Concentrations\\_in\\_the\\_Arctic\\_Air](https://www.researchgate.net/publication/237716793_Correlation_between_Global_Emissions_of_alpha-hexachlorocyclohexane_and_Its_Concentrations_in_the_Arctic_Air).
- Luo M, Chen C. 2015. Potential Sources and Transport Pathways of PM<sub>2.5</sub> in Shanghai, China. Di dalam: *2nd IEEE International Conference: Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services (ICSDM)* [Internet]. [Waktu dan tempat pertemuan tidak diketahui]. China (CN). hlm 104-108; [diunduh 2018 Juni 26]. doi: 10.1109/ICSDM.2015.7298034. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/287508483>.
- Najiyati S, Asmana, A, Suryadiputra, I Nyoman N. 2005. *Pemberdayaan Masyarakat di Lahan Gambut*. Bogor (ID): Wetlands International.
- Niam M, Sitanggang IS, dan Nuryanto DE. 2017. Clustering of CO and CO<sub>2</sub> contentration from Sumatra peat fire haze using HYSPLIT and K-Means algorithm. Di dalam: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Volume 54, conference 1 [Internet]. [3<sup>rd</sup> November 2016, IPB International Convention Center]. Bogor (ID). hlm 1-8; [diunduh 2017 Februari 15]. doi: 10.1088/1755-1315/ 54/1/012054. Tersedia pada: [www.iopscience.iop.org](http://www.iopscience.iop.org).
- Pressman RS. 2010. *Software Engineering: A Practitioners Approach*, Seventh Edition. New York (US): McGraw-Hill. hlm 81-82.
- Shofiana DA. 2017. Analisis Confidence Titik Panas Sebagai Indikator Kebakaran Lahan Gambut dengan Pendekatan Sequential Pattern Mining [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Trianadewi A. 2017. Evaluasi *usability* sistem olap persebaran titik panas dengan pendekatan *oneon-one usability testing* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.



Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



- Tyas DNS. 2018. Modul Visualisasi Kabut Asap dalam Aplikasi *Haze Trajectory Pattern Mining* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Virmani D, Taneja S, Malhotra G. 2015. *Normalization based K means Clustering Algorithhm*. 2(2): 36-40.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

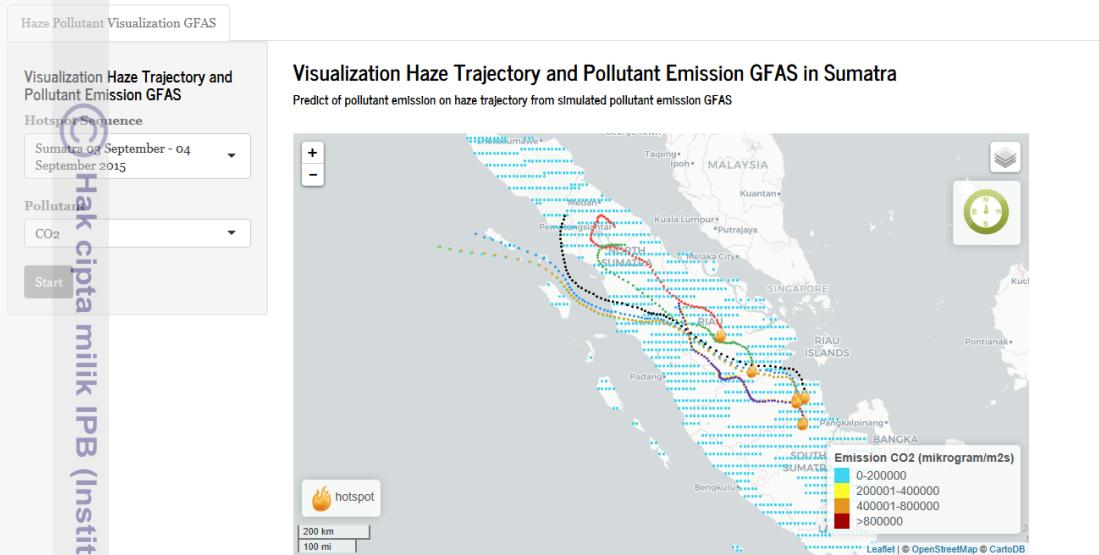
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

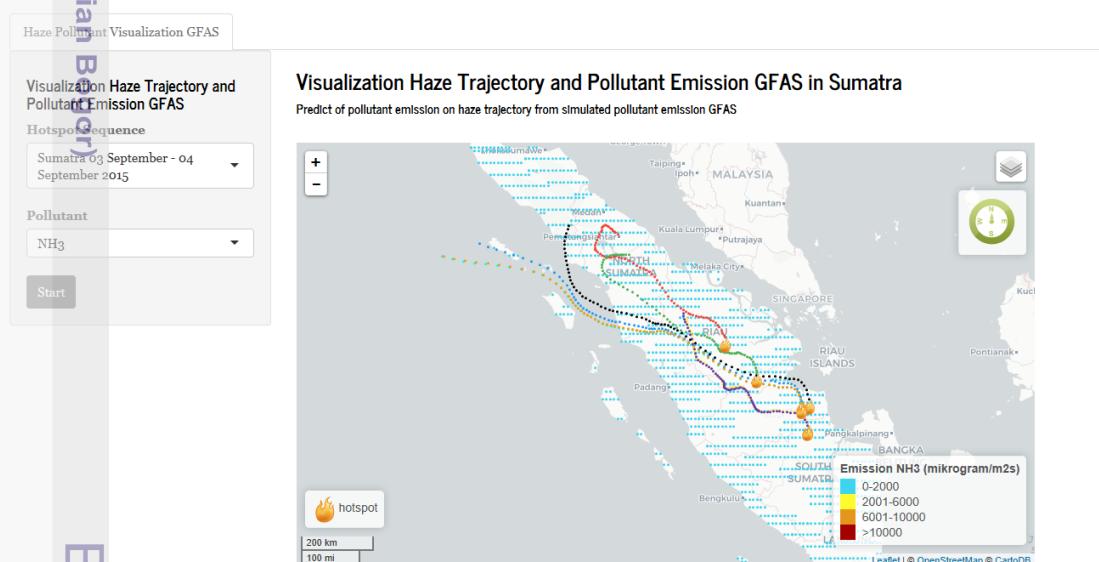
## LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembangkitan Emisi Polutan untuk emisi polutan CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, dan PM<sub>2.5</sub>

a. Simulasi pembangkitan emisi polutan CO<sub>2</sub> pada tanggal 03 September-04 September 2015



b. Simulasi pembangkitan emisi polutan NH<sub>3</sub> pada tanggal 03 September-04 September 2015

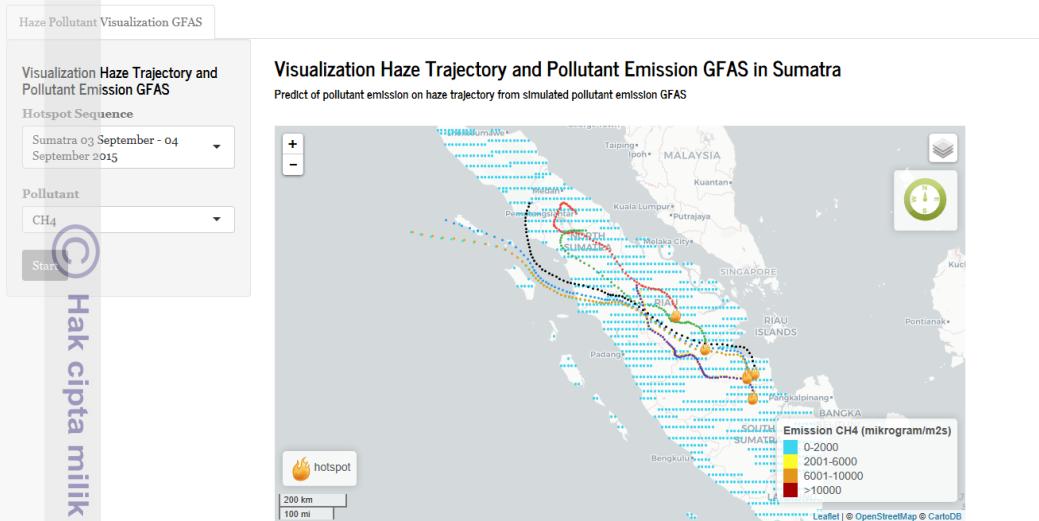


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

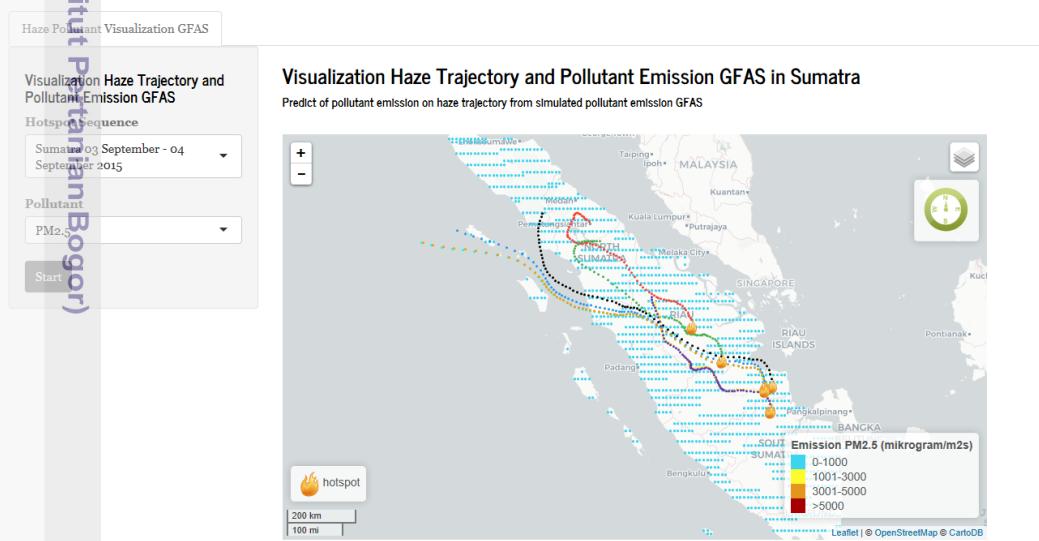
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## Lampiran 1 Lanjutan

- c. Simulasi pembangkitan emisi polutan CH<sub>4</sub> pada tanggal 03 September-04 September 2015



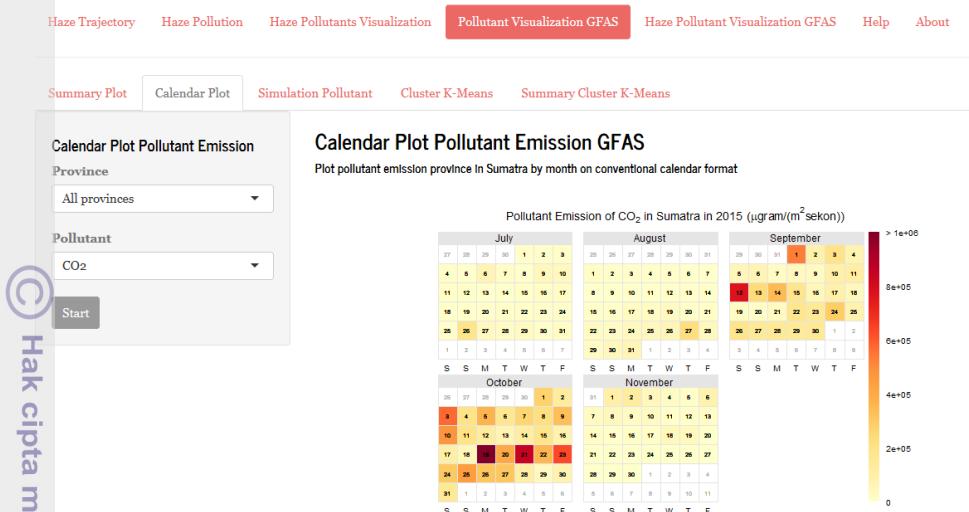
- d. Simulasi pembangkitan emisi polutan PM<sub>2.5</sub> pada tanggal 03 September-04 September 2015



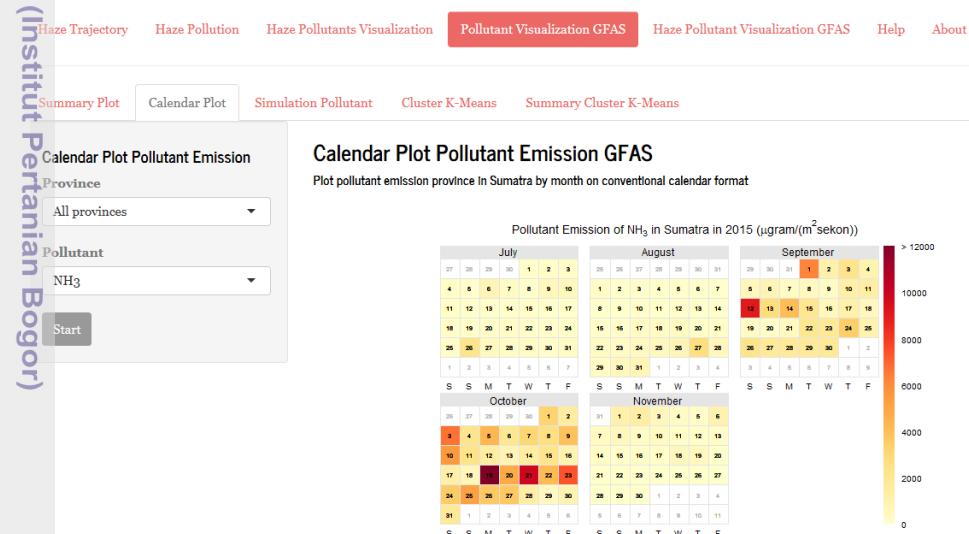
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## Lampiran 2 *Calendar plot* untuk emisi polutan CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, dan PM<sub>2.5</sub>

### a. *Calendar plot* emisi polutan CO<sub>2</sub> pada bulan Juli-November 2015



### b. *Calendar plot* emisi polutan NH<sub>3</sub> pada bulan Juli-November 2015



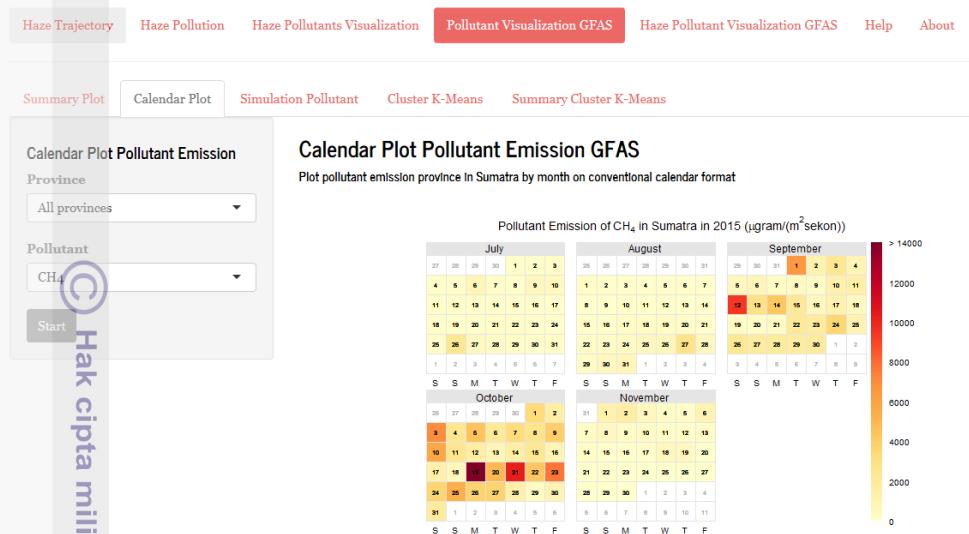
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB.

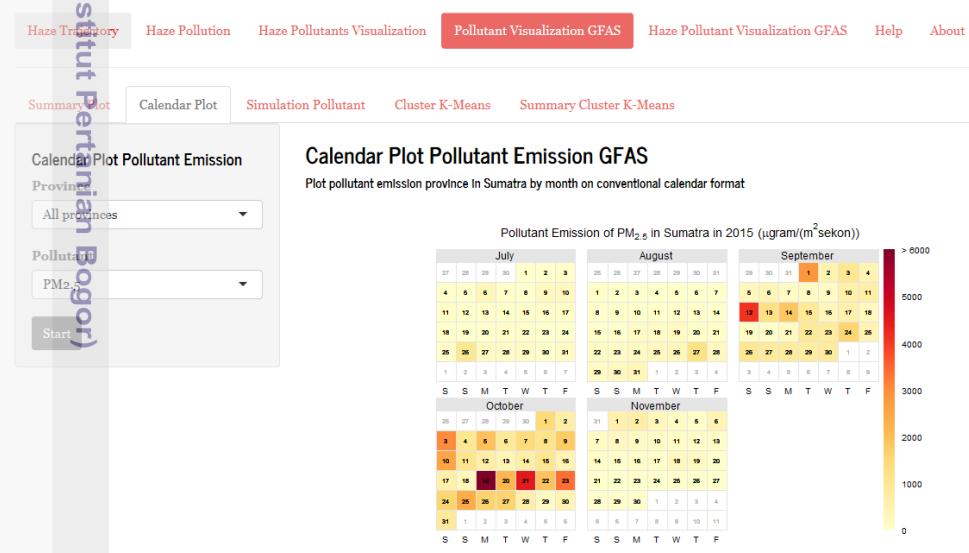
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

## Lampiran 2 Lanjutan

### c. Calendar plot emisi polutan CH<sub>4</sub> pada bulan Juli-November 2015



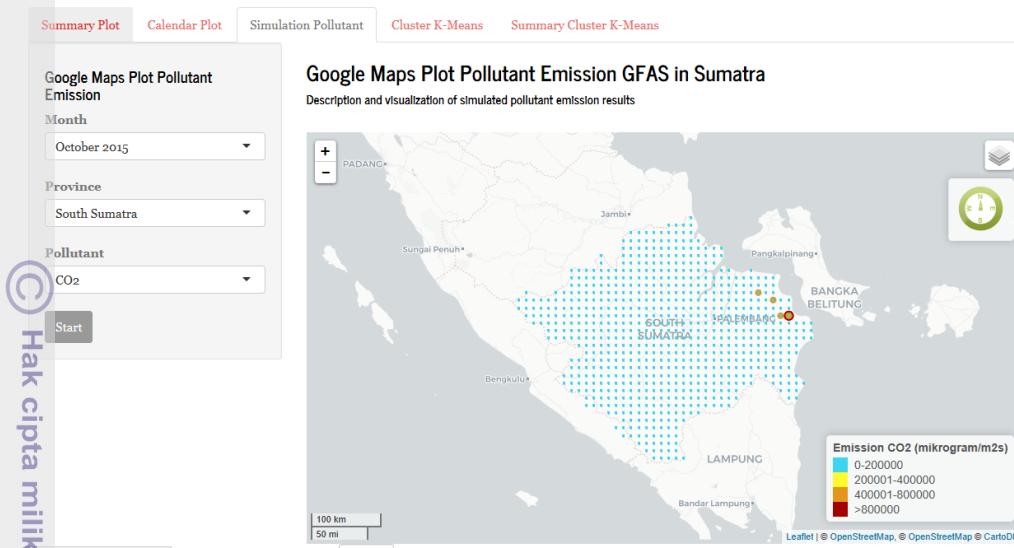
### d. Calendar plot emisi polutan PM<sub>2.5</sub> pada bulan Juli-November 2015



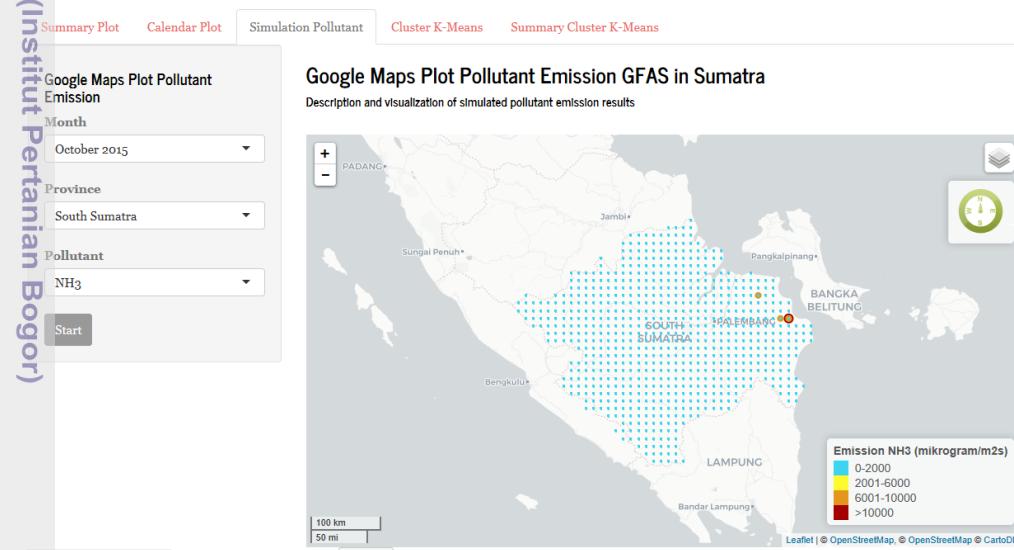
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### Lampiran 3 Simulasi *google maps* untuk emisi polutan CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, dan PM<sub>2.5</sub>

#### a. Simulasi emisi polutan CO<sub>2</sub> di Sumatra Selatan pada bulan Oktober 2015



#### b. Simulasi emisi polutan NH<sub>3</sub> di Sumatra Selatan pada bulan Oktober 2015



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

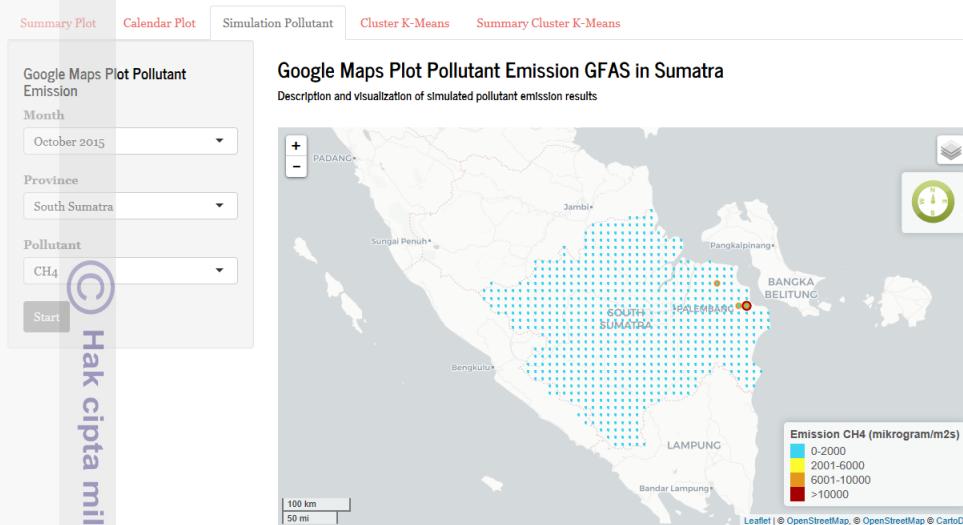
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

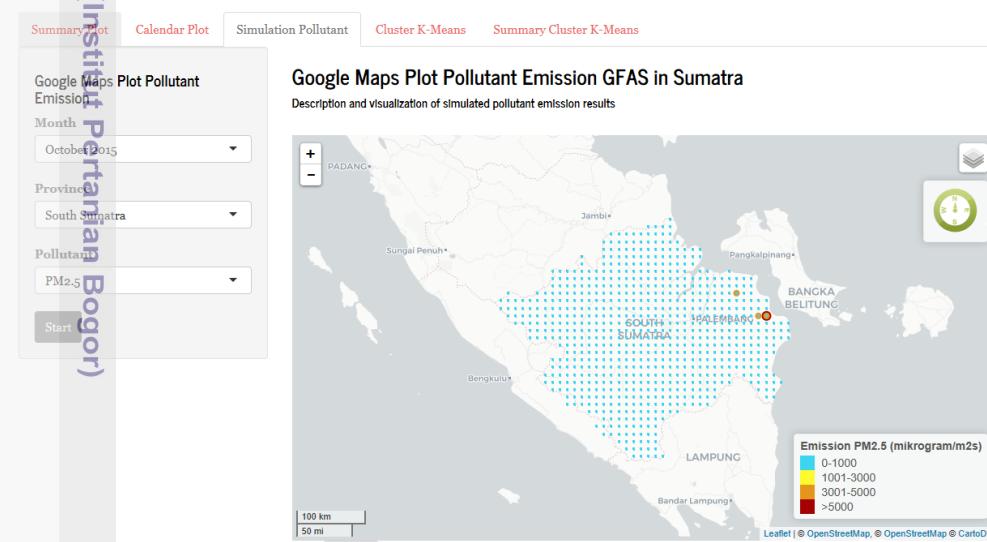
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### Lampiran 3 Lanjutan

#### c. Simulasi emisi polutan CH<sub>4</sub> di Sumatra Selatan pada bulan Oktober 2015



#### d. Simulasi emisi polutan PM<sub>2.5</sub> di Sumatra Selatan pada bulan Oktober 2015



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## Lampiran 4 Prakata, data diri, dan literasi komputer responden

### **KUESIONER PENELITIAN EVALUASI USABILITY MODUL PEMBANGKITAN EMISI POLUTAN DAN MODUL VISUALISASI DATA EMISI POLUTAN GFAS PADA APLIKASI WEB TRAJECTORY PATTERN MINING**

Saya Ristiyana Sari (G64140102), mahasiswi Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, sedang melakukan penelitian tugas akhir. Kuesioner ini dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan data penelitian dalam rangka evaluasi tingkat *usability* pada implementasi modul pembangkitan emisi polutan dan modul visualisasi data emisi polutan *Global Fire Assimilation System* (GFAS) pada aplikasi *trajectory pattern mining*. Penelitian tugas akhir ini dibawah bimbingan Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, SSi, MKom.

Tidak ada jawaban yang benar atau salah dalam pengisian kuesioner ini. Anda diharapkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diberikan seakurat mungkin berdasarkan pengalaman Anda. Informasi dari kuesioner ini akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk keperluan penelitian.

#### **INFORMASI RESPONDEN**

Nama	:	_____
Umur	:	_____ tahun
Jenis Kelamin*	:	Laki-laki/Perempuan
Pekerjaan	:	_____
Program Studi/Unit Kerja	:	_____

#### **LITERASI KOMPUTER**

1. Berapa lama Anda menggunakan komputer dalam sehari? \_\_\_\_\_ jam
2. Sejauh mana secara pribadi Anda menggunakan komputer untuk mengerjakan kegiatan berikut?

Catatan : Berilah tanda (✓) pada salah satu kotak di bawah ini.

Kegiatan	Tidak Pernah	Pernah	Kadang-Kadang	Sering	Selalu
Mendokumentasikan informasi					
Mengakses informasi secara online					
Berkomunikasi dengan teman					
Menulis laporan penelitian					
Membuat program komputer					
Melakukan pengolahan data					

3. Jenis komputer apa yang Anda gunakan secara rutin?\*\*

- Komputer laboratorium       Laptop / notebook / netbook  
 Komputer rumah       Lainnya, yaitu \_\_\_\_\_

4. Pelatihan IT apa yang pernah Anda ikuti? \*\*

- Pelatihan bidang pemrograman       Pelatihan bidang data mining  
 Pelatihan bidang jaringan komputer       Pelatihan bidang basis data/data warehouse  
 Pelatihan bidang analisis data       Tidak pernah

5. Saat ini, sejauh mana Anda menilai diri Anda dalam penguasaan (handal) komputer, khususnya dalam analisis data? (Lingkari jawaban anda)\*

Sangat handal / Handal / Biasa / Tidak handal / Sangat tidak handal

(\*hanya dapat memilih salah satu, \*\*dapat memilih lebih dari 1 jawaban)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Lampiran 5 Skenario task pengujian *usability*

### PENGUJIAN SISTEM

#### Petunjuk pengisian:

Lakukan beberapa *task* berikut pada sistem. Tuliskan dengan jelas komentar Anda terkait pengerjaan *task* yang diberikan.

Keterangan : Berikan tanda (✓) jika berhasil atau tanda (✗) jika gagal melakukan skenario pengujian pada kolom hasil pengujian

#### Menu Visualisasi Emisi Polutan GFAS

##### a. *Summary Plot*

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T1	Memilih periode data emisi polutan GFAS pada submenu <i>Summary Plot</i>		
T2	Mengeklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan <i>summary plot</i>		
T3	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah submenu <i>Summary Plot</i>		
T4	Melihat <i>summary plot</i> emisi polutan		

##### b. *Calendar Plot*

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T5	Memilih jenis polutan pada submenu <i>Calendar Plot</i>		
T6	Mengeklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan <i>calendar plot</i>		
T7	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah submenu <i>Calendar Plot</i>		
T8	Melihat visualisasi <i>calendar plot</i> emisi polutan yang telah dipilih		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

## Lampiran 5 Lanjutan

### c. *Calendar Plot by Province*

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T9	Memilih provinsi yang ada di pulau Sumatra submenu <i>Calendar Plot by Province</i>		
T10 ©	Memilih jenis polutan pada submenu <i>Calendar Plot by Province</i>		
T11 Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)	Mengklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan <i>calendar plot</i> pada provinsi yang dipilih		
T12	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah submenu <i>Calendar Plot by Province</i>		
T13	Melihat visualisasi <i>calendar plot</i> emisi polutan pada provinsi yang dipilih		

### d. *Simulation Pollutant*

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T14	Memilih bulan pada periode Juli-November 2015 pada submenu <i>Simulation Pollutant</i>		
T15 Boga Agricultural	Memilih provinsi yang ada di Pulau Sumatra pada submenu <i>Simulation Pollutant</i>		
T16	Memilih jenis polutan pada submenu <i>Simulation Pollutant</i>		
T17	Mengklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan simulasi emisi polutan		
T18	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah submenu <i>Simulation Pollutant</i>		
T19	Melihat simulasi emisi polutan		
T20	Melihat legenda skala tingkat emisi polutan		

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Lampiran 5 Lanjutan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T21	Melihat tabel data emisi polutan		

### e. Cluster K-Means

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T22	Memilih bulan pada periode Juli-November 2015 pada submenu <i>Cluster K-Means</i>		
T23	Memilih provinsi yang ada di pulau Sumatra pada submenu <i>Cluster K-Means</i>		
T24	Memilih nilai K antara 2-30 pada submenu <i>Cluster K-Means</i>		
T25	Mengklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan hasil <i>clustering</i>		
T26	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah submenu <i>Cluster K-Means</i>		
T27	Melihat visualisasi hasil <i>cluster</i> berdasarkan bulan, provinsi, dan jumlah <i>cluster</i> didasarkan pada nilai K yang dipilih		
T28	Melihat legenda <i>cluster</i>		
T29	Melihat tabel data hasil <i>clustering</i>		

### f. Summary Cluster K-Means

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T30	Menampilkan tabel ringkasan hasil <i>cluster K-Means</i> pada submenu <i>Summary Cluster K-Means</i>		

## Lampiran 5 Lanjutan

### Menu Pembangkitan Emisi Polutan

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T31	Memilih tanggal sekuens titik panas		
T32	Memilih jenis polutan		
T33	Mengeklik tombol <i>start</i> untuk menampilkan simulasi pembangkitan emisi polutan		
T34	Melihat <i>progress bar</i> pada pojok kanan bawah		
T35	Menampilkan hasil tumpang tindih simulasi pergerakan kabut asap dengan simulasi data emisi polutan GFAS		
T36	Melihat legenda skala tingkat emisi polutan		

### Menu Help

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T37	Melihat panduan menggunakan modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan		

### Menu About

Kode	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Komentar
T38	Melihat halaman tentang penjelasan modul pembangkitan emisi polutan dan visualisasi data emisi polutan		
T39	Melihat tabel skala tingkat emisi polutan		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.

- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Lampiran 6 Kuesioner PSSUQ

### **POST-STUDY SYSTEM USABILITY QUESTIONNAIRE (PSSUQ)**

#### **Petunjuk pengisian:**

Berdasarkan pengalaman Anda dalam menggunakan sistem ini, berilah tanda centang (✓) pada salah satu jawaban yang paling sesuai dengan tingkat persetujuan Anda terhadap isi setiap pernyataan berikut.

Keterangan:

1 = Sangat tidak setuju  
2 = Tidak setuju  
3 = Agak tidak setuju

4 = Agak setuju  
5= Cukup setuju  
6 = Setuju

7 = Sangat setuju

No	Pernyataan	Tingkat Persetujuan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Secara keseluruhan, saya puas dengan kemudahan penggunaan sistem ini							
2	Sistem ini mudah digunakan							
3	Saya dapat menyelesaikan <i>task</i> dan skenario pada sistem ini secara efektif							
4	Saya dapat menyelesaikan <i>task</i> dan skenario pada sistem ini dengan cepat							
5	Saya dapat menyelesaikan <i>task</i> dan skenario pada sistem ini secara efisien							
6	Saya merasa nyaman menggunakan sistem ini							
7	Saya mudah mempelajari sistem ini							
8	Saya percaya akan lebih produktif apabila menggunakan sistem ini							
9	Sistem ini memberikan pesan <i>error</i> yang jelas mengenai cara untuk memperbaiki masalah							
10	Setiap kali saya membuat kesalahan terhadap sistem, saya dapat pulih dengan mudah dan cepat							
11	Sistem menyediakan informasi (seperti petunjuk, bantuan pada layar, dan dokumentasi lainnya) dengan jelas							
12	Informasi yang dibutuhkan mudah ditemukan							
13	Informasi yang diberikan sistem mudah dimengerti							
14	Informasi yang diberikan sistem efektif dalam menyelesaikan <i>task</i> dan scenario							
15	Pengelompokan informasi pada sistem ditampilkan secara jelas							
16	Antarmuka pada sistem ini nyaman							
17	Saya senang menggunakan antarmuka pada sistem ini							
18	Sistem memiliki kemampuan dan fungsi sesuai harapan							
19	Secara keseluruhan, saya puas dengan sistem ini							

-Terima kasih atas partisipasi Anda -

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, pekerjaan akademik, dan tugas akhir.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin.

Lampiran 7 Rekapitulasi karakteristik responden

Responden	Jenis Kelamin	Umur	Program Studi	Penggunaan Komputer (Jam/Hari)	Jenis komputer	Literasi Komputer	Pelatihan IT	Penguasaan Komputer
R1	L	23	Ilmu Komputer	12	Laptop	3.83	Pemrograman, Analisis data	Biasa
R2	L	21	Ilmu Komputer	8	Laptop Komputer Laboratorium	3.83	Pemrograman	Biasa
R3	L	21	Ilmu Komputer	8	Laptop	3.83	Pemrograman	Biasa
R4	L	21	Ilmu Komputer	10	Laptop	4.33	Pemrograman, Jaringan komputer	Biasa
R5	L	22	Ilmu Komputer	15	Laptop	3.50	Pemrograman, Data mining	Biasa
R6	L	22	Silvikultur	5	Laptop	3.67	Data mining	Biasa
R7	L	21	Silvikultur	7	Laptop	3.00	Analisis data	Biasa
R8	L	20	Ilmu Komputer	14	Laptop	2.50	Pemrograman, Jaringan komputer	Biasa
R9	P	20	Ilmu Komputer	3	Laptop, Komputer rumah	3.67	Tidak pernah	Handal

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, pekerjaan praktik.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 8 Rekapitulasi hasil penyelesaian task

Kode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Jumlah task berhasil
T1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T26	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
T27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
T39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Jumlah task berhasil	38	39	38	39	39	39	39	39	39	349

Keterangan:  
1 = Berhasil

0 = Gagal

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

### Lampiran 9 Rekapitulasi hasil kuesioner PSSUQ

Pernyataan	Responden								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	7	6	5	6	6	6	7	7	5
2	6	6	7	7	5	7	6	7	6
3	6	6	6	6	6	7	7	6	7
4	5	6	6	6	3	7	4	6	7
5	6	6	6	6	5	6	5	7	7
6	6	6	6	6	5	6	7	7	5
7	6	6	7	7	6	6	7	6	6
8	7	6	6	7	6	6	6	7	6
9	6	5	1	5	1	5	6	6	2
10	6	4	5	5	6	5	5	6	4
11	7	5	5	7	5	5	6	7	6
12	6	6	6	6	5	6	6	6	7
13	6	6	6	6	5	6	6	7	7
14	6	5	6	6	7	6	6	7	6
15	6	5	6	6	6	7	5	7	6
16	6	5	5	6	6	7	5	6	5
17	6	6	6	6	6	6	6	6	5
18	7	6	6	6	6	6	6	7	6
19	6	6	5	6	6	7	6	7	6
<i>Overall</i>	6.16	5.63	5.58	6.16	5.26	5.95	5.95	6.58	5.74
<i>System usefulness</i>	6.12	6.00	6.12	6.38	5.25	6.38	6.12	6.62	6.12
<i>Information quality</i>	6.14	5.14	5.00	6.00	4.71	5.57	5.86	6.57	5.43
<i>Interface quality</i>	6.33	5.67	5.67	6.00	6.33	5.33	5.67	6.33	5.33

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.

- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Lampiran 10 Rekapitulasi komentar responden

Responden	Komentar positif	Komentar negatif dan saran
R1	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Calendar plot</i>-nya terlihat jelas (T8)</li><li>• Simulasi polutan menggunakan <i>google maps</i> terlihat jelas (T19)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Progress bar</i> tidak tampil (T18)</li></ul>
R2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Paham mengenai simulasi tumpang tindih trayektori kabut asap dengan data emisi polutan (T35)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tambahkan fitur <i>zoom</i> (T4)</li><li>• Tambahkan kepanjangan emisi polutan GFAS (T5)</li><li>• Tampilkan banyaknya data tiap kluster (T27)</li><li>• Pilih tabel berdasarkan kluster (T27)</li></ul>
R3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Simulasi polutan menggunakan <i>google maps</i> lebih jelas dibandingkan <i>calendar plot</i> (T19)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tambahkan nomor baris (T29)</li><li>• Warna kuning saat <i>load</i> data lebih cocok menunjukkan <i>progress</i> (T3, T7)</li><li>• <i>Progress bar</i> tidak terlihat karena terjadi <i>not responding</i> (T26)</li></ul>
R4		<ul style="list-style-type: none"><li>• Setiap <i>progress bar</i> sebaiknya ada persentase berapa persen data telah diproses (T3)</li><li>• Tambahkan arah darimana dan kemana kabut asap itu pergi (T13)</li></ul>
R5	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Calendar plot</i> terlihat jelas dibandingkan <i>summary plot</i> (T8)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Progress <i>load</i> data lama (T2)</li><li>• Tombol <i>start</i> harusnya tidak bisa diklik saat <i>progress bar</i> telah muncul (T6)</li><li>• Tampilkan satuan polutan (T21)</li><li>• Sebaiknya <i>summary cluster</i> berada di dalam menu <i>cluster K-Means</i> (T30)</li><li>• Sebaiknya langkah setiap awal fungsi dimulai dari angka 1 (T37)</li></ul>

## Lampiran 10 Lanjutan

Responden	Komentar positif	Komentar negatif dan saran
R6		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna tombol <i>start</i> kurang menarik (T2)</li> <li>• <i>Plotting progress bar</i> ditengah lebih baik (T3)</li> <li>• <i>Font</i> kekecilan, sebaiknya grafik bisa di <i>zoom</i> (T4)</li> <li>• </li> <li>• Kurang paham mengenai hasil tumpang tindih simulasi pergerakan kabut asap dengan simulasi data emisi polutan GFAS (T35)</li> </ul>
R7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebih baik <i>progress bar</i> ditaruh di tengah (T3)</li> <li>• <i>Font</i> kekecilan, tambah mode <i>zoom</i> (T4)</li> <li>• <i>Calendar plot</i> kekecilan (T8)</li> <li>• <i>Calendar plot by province</i> kekecilan (T13)</li> <li>• Kurang paham mengenai hasil tumpang tindih simulasi pergerakan kabut asap dengan simulasi data emisi polutan GFAS (T35)</li> </ul>
R8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisasi <i>calendar plot</i> terlihat jelas (T8)</li> <li>• Legenda terlampir jelas (T30)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna tombol <i>start</i> sebaiknya berwarna biru (T2)</li> <li>• Lebih baik <i>progress bar</i> ditaruh di tengah (T3)</li> <li>• Kurang jelas dibaca <i>plot</i>-nya pada orang awam (T4)</li> <li>• <i>Paging</i> dijadiin satu baris (T29)</li> <li>• <i>Paging</i> dirapikan (T30)</li> <li>• Tambahkan warna pada keterangan skala tingkat emisi polutan (T37)</li> </ul>
R9		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Value untuk x dan y nya kurang jelas, penulisan "4e+15" menjadi <math>4 \times 10^4</math> (T4)</li> <li>• Apakah polutan selalu untuk 2015 (T5)</li> <li>• Penulisan angka desimal ribuan lebih baik dari <math>1e+06</math> menjadi <math>1 \times 10^6</math> (T8, T13)</li> <li>• Diperjelas jika untuk 2015 saja (T9, T14, T22)</li> <li>• Lon ditulis <i>longitude</i> (T21)</li> </ul>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak mengilangi kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U



## Lampiran 10 Lanjutan

Responden	Komentar positif	Komentar negatif dan saran
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Judul tabel ditengah (T30)</li><li>• Agak kurang jelas karena ternyata dia bagian dari submenu <i>Cluster</i> (T30)</li><li>• Tambahkan keterangan <i>trajectory</i> nya kenapa warnanya berbeda (T36)</li><li>• Tambahin <i>search</i> atau setiap menunya dipisah <i>page</i>-nya. Diberi <i>dropdown</i> (T37)</li></ul>



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta Provinsi DKI Jakarta pada tanggal 11 April 1996 dari pasangan Bapak Andiyanto dan Ibu Sri Aprianarsih. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara. Pada tahun 2014, penulis menamatkan pendidikan di SMA Negeri 2 Tangerang. Penulis lulus seleksi masuk Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun yang sama melalui jalur Ujian Tulis Mandiri (UTM) dan diterima sebagai mahasiswa di Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penulis pernah mengikuti berbagai kepanitian di Departemen Ilmu Komputer seperti IT Today 2015, Mini Conference 2015, MPD 2016, dan CPSC 2016. Selain itu penulis juga berpengalaman menjadi asisten praktikum mata kuliah Penerapan Komputer, Pengantar Matematika dan Komputasi, Sistem Informasi, Komputasi Numerik, dan Data Mining. Penulis ikut serta dalam Seminar Ilmiah Ilmu Komputer (SEMILKOM) sebagai pemakalah pada sesi presentasi oral. Pada pertengahan tahun 2017, penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di AAII. Bidang kajian yang dikerjakan adalah E-Procurement.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

©  
Hak Cipta Milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University